



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences

Science

## **SCCS**

Secrétariat canadien de consultation scientifique

Compte rendu 2012/005

Région du Québec

**Compte rendu de l'examen par des pairs régional portant sur l'Initiative de recherche écosystémique de l'estuaire du Saint-Laurent : habitat estival fréquenté par le béluga et réseau trophique responsables de la présence des grands rorquals dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent**

**28 mars-1 avril 2011  
Institut Maurice-Lamontagne  
Mont-Joli, Qc**

**Jacques A. Gagné  
Président de la réunion**

**Sonia Dubé et Alice Bui  
Rapporteuses**

## **CSAS**

Canadian Science Advisory Secretariat

Proceedings Series 2012/005

Quebec Region

**Proceeding of the regional peer review meeting on the St. Lawrence Estuary Ecosystem Research Initiative: habitats frequently occupied by Beluga whales and the food web responsible for the presence of Rorqual whales in the St. Lawrence Estuary**

**March 28-April 1, 2011  
Maurice Lamontagne Institute  
Mont-Joli, Qc**

**Jacques A. Gagné  
Meeting Chairperson**

**Sonia Dubé et Alice Bui  
Rapporteurs**

Institut Maurice-Lamontagne  
850, Route de la Mer, C.P. 1000  
Mont-Joli, Québec, G5H 3Z4

**Mai 2012**

**May 2012**

## **Avant-propos**

Le présent compte rendu a pour but de documenter les principales activités et discussions qui ont eu lieu au cours de la réunion. Il contient des recommandations sur les recherches à effectuer, traite des incertitudes et expose les motifs ayant mené à la prise de décisions pendant la réunion. Le compte rendu peut aussi faire l'état de données, d'analyses ou d'interprétations passées en revue et rejetées pour des raisons scientifiques, en donnant la raison du rejet. Bien que les interprétations et les opinions contenues dans le présent rapport puissent être inexactes ou propres à induire en erreur, elles sont quand même reproduites aussi fidèlement que possible afin de refléter les échanges tenus au cours de la réunion. Ainsi, aucune partie de ce rapport ne doit être considérée en tant que reflet des conclusions de la réunion, à moins d'indication précise en ce sens. De plus, un examen ultérieur de la question pourrait entraîner des changements aux conclusions, notamment si l'information supplémentaire pertinente, non disponible au moment de la réunion, est fournie par la suite. Finalement, dans les rares cas où des opinions divergentes sont exprimées officiellement, celles-ci sont également consignées dans les annexes du compte rendu.

## **Foreword**

The purpose of these Proceedings is to document the activities and key discussions of the meeting. The Proceedings may include research recommendations, uncertainties, and the rationale for decisions made during the meeting. Proceedings may also document when data, analyses or interpretations were reviewed and rejected on scientific grounds, including the reason(s) for rejection. As such, interpretations and opinions presented in this report individually may be factually incorrect or misleading, but are included to record as faithfully as possible what was considered at the meeting. No statements are to be taken as reflecting the conclusions of the meeting unless they are clearly identified as such. Moreover, further review may result in a change of conclusions where additional information was identified as relevant to the topics being considered, but not available in the timeframe of the meeting. In the rare case when there are formal dissenting views, these are also archived as Annexes to the Proceedings.

---

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2012  
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2012

ISSN 1701-1272 (Imprimé / Printed)  
ISSN 1701-1280 (En ligne / Online)

Une publication gratuite de :  
Published and available free from:

Pêches et Océans Canada / Fisheries and Oceans Canada  
Secrétariat canadien de consultation scientifique / Canadian Science Advisory Secretariat  
200, rue Kent Street  
Ottawa, Ontario  
K1A 0E6

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>

[CSAS-SCCS@DFO-MPO.GC.CA](mailto:CSAS-SCCS@DFO-MPO.GC.CA)



On doit citer cette publication comme suit :  
Correct citation for this publication:

MPO. 2012. Compte rendu de l'examen par des pairs régional portant sur l'Initiative de recherche écosystémique de l'estuaire du Saint-Laurent : habitat estival fréquenté par le béluga et réseau trophique responsables de la présence des grands rorquals dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent; 28 mars au 1<sup>er</sup> avril 2011. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2012/005.

## TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE / SUMMARY .....	Page vi
1.0 INTRODUCTION .....	1
2.0 DÉFINITION ET CARACTÉRISATION DE L'HABITAT ESTIVAL DU BÉLUGA ( <i>DELPHINAPTERUS LEUCAS</i> ) DU SAINT-LAURENT .....	2
2.1 Contexte .....	2
2.2 Répartition du béluga du Saint-Laurent .....	2
2.3 Diète du béluga .....	3
2.3.1 Analyse des contenus stomacaux .....	3
2.3.2 Analyse des signatures d'acides gras .....	3
2.3.3 Analyse des isotopes stables et des contaminants .....	4
2.4 Menaces .....	5
2.4.1 Répartition des contaminants dans les sédiments .....	5
2.4.2 Autres menaces .....	5
2.5 Caractérisation de l'habitat fréquenté par le béluga du Saint-Laurent .....	6
2.5.1 Description du fond et des espèces benthiques .....	6
2.5.2 Composantes biologiques .....	7
2.6 Intégration des composantes de l'habitat du béluga du Saint-Laurent .....	7
2.7 Principaux enjeux de gestion .....	9
3.0 LES ESPÈCES FOURRAGÈRES RESPONSABLES DE LA PRÉSENCE DU RORQUAL BLEU ( <i>BALAENOPTERA MUSCULUS</i> ) DANS L'ESTUAIRE MARITIME DU SAINT- LAURENT .....	12
3.1 Contexte .....	12
3.1.1 Généralités : introduction du volet rorqual bleu et espèces fourragères .....	12
3.1.2 Généralités : caractérisation des communautés de l'écosystème de l'estuaire maritime .....	12
3.1.3 Agrégation du krill dans l'estuaire maritime : état des connaissances avant l'IRÉ .....	15
3.2 Processus écosystémiques pouvant influencer la distribution du krill : patron de distribution spatiale et variabilité interannuelle de l'abondance .....	17
3.2.1 Variations spatiales et temporelles dans la distribution et de l'abondance du krill ( <i>Thysanoessa raschii</i> et <i>Meganyctiphanes norvegica</i> ) dans l'estuaire et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent .....	17
3.2.2 Variations interannuelles de l'abondance des œufs de krill : potentiel pour un indice de variations interannuelles .....	19
3.3 Processus écosystémiques pouvant influencer la distribution du krill : transport / échange entre l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent .....	20
3.3.1 Le projet "valve" de l'IRÉ : transport et accumulation du krill dans l'estuaire .....	20
3.3.2 Profondeur diurne du centre de masse du krill et ses implications pour les variations interannuelles du transport du krill dans l'estuaire .....	23
3.3.3 Dynamique d'accumulation et de balayage du krill dans l'estuaire .....	25



---

3.4	Interactions trophiques : Interactions krill – rorqual bleu.....	26
3.4.1	Le rôle structurant du krill dans la distribution, le déplacement et le comportement d'alimentation des rorquals bleus dans l'estuaire maritime et les eaux adjacentes .....	26
3.4.2	Interactions trophiques : modèle simplifié de l'écosystème .....	29
3.5	Vulnérabilité du système : influences climatiques et/ou anthropiques .....	30
3.5.1	Le bruit et la navigation.....	30
3.5.2	État océanographique physique durant l'IRÉ et perspectives à long terme .....	33
3.5.3	Influence du climat océanique de l'Atlantique nord-ouest sur la température, la salinité et l'oxygène dans les eaux profondes de l'estuaire maritime.....	34
3.5.4	Tendances temporelles (1994-2009) de la contamination du krill par les polluants organiques persistants dans l'estuaire du Saint-Laurent.....	36
3.6	Synthèse générale des deux jours – Propositions pour l'intégration finale et préparation d'un avis des sciences .....	37
4.0	RÉFÉRENCES .....	45
	Annexe 1. Liste des participants.....	47
	Annexe 2. Cadre de référence de la revue .....	49
	Annexe 3. Horaire des ateliers IRÉ 28 mars-1 avril 2011 .....	51

---

## SOMMAIRE

Ce document renferme le compte rendu de la réunion qui a eu lieu dans le cadre du Processus de consultation scientifique régional portant sur les deux thèmes principaux de l'Initiative de Recherche Écosystémique de l'estuaire du Saint-Laurent : définition et caractérisation de l'habitat estival du béluga (*Delphinapterus leucas*) et espèces fourragères responsables de la présence du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*). Cette revue s'est déroulée du 28 mars au 1 avril 2011 à l'Institut Maurice-Lamontagne de Mont-Joli, Qc. Elle a réuni une trentaine de participants de Pêches et Océans (sciences, gestion des espèces en péril, gestion des océans, gestion des pêches) et de Parcs Canada. L'objectif de la réunion était de revoir deux documents de travail synthétisant les informations nécessaires à la préparation d'avis intégrés pour chacun des deux thèmes. Ce compte rendu rapporte l'essentiel des présentations et des discussions et fait état des principales recommandations et conclusions émises au cours de la revue.

## SUMMARY

This document contains the proceedings from a meeting held under the Regional Advisory Process to review information gathered under the two main themes of the Ecosystem Research Initiative in the St. Lawrence marine estuary: definition and characterization of the summer habitat of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) and forage species responsible for the presence of the blue whale (*Balaenoptera musculus*). This review process was held from March 28 to April 1, 2011 at the Maurice Lamontagne Institute in Mont-Joli, Qc. It brought together about thirty participants from Fisheries and Oceans (Sciences, Species at risk management, Ocean management, Fisheries management) and Parks Canada. The objective was to review two working papers synthesizing the information required to prepare integrated advice for each of the two themes. These proceedings contain the essential parts of the presentations and discussions and present the main recommendations and conclusions emerging from the review.

---

## 1.0 INTRODUCTION

Le MPO s'est engagé à élaborer des approches écosystémiques afin de gérer les interactions entre les activités humaines et les systèmes marins. Cet engagement découle de la *Loi sur les océans* du Canada ainsi que de recommandations d'entités internationales telles que l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Afin d'élaborer de telles approches, la Direction des sciences du MPO a établi des initiatives de recherche écosystémique (IRÉ) dans chaque région, lesquelles servent de projets pilotes pour améliorer la capacité à formuler des avis scientifiques intégrés à l'appui de la gestion écosystémique.

L'adoption d'une approche écosystémique visait notamment à enrichir et à consolider le dialogue entre les équipes de recherche du MPO et différents autres secteurs, tels ceux de la gestion des océans, des espèces en péril, des habitats et des pêches, ainsi qu'à favoriser les échanges auprès de partenaires externes. Parallèlement à l'identification d'enjeux scientifiques, la démarche menant à la définition de projets ciblés dans le cadre de l'IRÉ de l'estuaire du Saint-Laurent a pris en considération les enjeux de gestion et les besoins identifiés par les partenaires internes et externes.

Dans la région du Québec, la mise en œuvre d'une IRÉ ciblant l'estuaire du Saint-Laurent trouve sa justification dans l'importance des processus physiques qui y ont cours et qui font de l'Estuaire un écosystème particulier en termes de productivité. Deux thématiques ont été retenues pour la mise en œuvre de projets, soit : 1) la définition et la caractérisation de l'habitat estival du béluga et 2) les espèces fourragères responsables de la présence du rorqual bleu. Pour chacun des thèmes, l'ensemble des informations disponibles, anciennes et nouvelles, ont été intégrées dans un document de travail.

Afin de revoir l'information contenue dans ces documents pour qu'ils puissent servir de base à la formulation d'avis scientifiques intégrés, une réunion a eu lieu à l'Institut Maurice-Lamontagne de Mont-Joli, du 28 mars au 1 avril 2011, dans le cadre du Processus de consultation scientifique régional. Le présent compte rendu fait état des principaux points présentés et discutés pendant cette réunion. Les conclusions et les avis sont également rapportés.

Ce compte rendu est disponible auprès du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) à Ottawa. Des avis intégrés et des descriptions plus techniques et plus détaillées seront aussi disponibles au printemps 2012 à la fin de l'IRÉ sous la forme d'avis scientifiques et de documents de recherche du MPO publiés sur le site du SCCS.

---

## **2.0 DÉFINITION ET CARACTÉRISATION DE L'HABITAT ESTIVAL DU BÉLUGA (*DELPHINAPTERUS LEUCAS*) DU SAINT-LAURENT**

### **2.1 CONTEXTE**

Le président de la réunion, M. Jacques A. Gagné, souhaite la bienvenue aux participants (Annexe 1). Il rappelle le contexte général de l'IRÉ et les principaux enjeux déjà identifiés. Il expose également le cadre de référence lié aux habitats estivaux fréquentés par le béluga (Annexe 2). M. Gagné souligne l'objectif de cette consultation scientifique régionale qui vise à revoir l'information contenue dans les documents de travail afin d'élaborer un avis scientifique intégré.

### **2.2 RÉPARTITION DU BÉLUGA DU SAINT-LAURENT (J.-F. Gosselin)**

M. Jean-François Gosselin présente la répartition historique et la répartition actuelle du béluga du Saint-Laurent. La répartition historique, plus étendue que la répartition actuelle, comprenait une zone de fréquentation importante dans la région des bancs de Manicouagan. Il décrit l'aire de répartition estivale actuelle du béluga, qui s'étend entre l'Île-aux-Coudres et Rimouski/Forestville, ainsi que sa répartition en dehors de l'été. M. Gosselin fait mention d'une ségrégation des bélugas par classes de taille, possiblement liée à une ségrégation entre les mâles adultes et les troupes composés de femelles et de jeunes. Il souligne l'existence, au sein de l'aire de répartition, de zones fréquentées régulièrement par les bélugas, en faisant référence à certaines études dont celles de Pippard et Malcolm (1978), Michaud (1993) et Lemieux-Lefebvre (2009). Finalement, M. Gosselin présente les résultats de l'étude sur la répartition estivale du béluga basée sur 36 relevés aériens (28 visuels et 7 photographiques) réalisés par le MPO entre 1990 et 2009. Deux approches ont été utilisées, l'une considérant le nombre et la fréquence d'occurrence des bélugas dans chaque cellule de 1000 x 1000 m d'une grille qui couvre leur aire de répartition, et l'autre, utilisant la méthode des kernels, qui permet d'obtenir une valeur lissée et continue de la densité de bélugas à l'intérieur de cette même aire. L'étude révèle certaines aires de concentration qui recoupent celles déjà identifiées par les études antérieures. Dans l'ensemble des régions les plus denses contenant entre elles 50 % de la population, aucune n'abrite plus de 6 % de la population à un moment donné. Ces résultats suggèrent donc qu'il faudrait considérer l'ensemble de l'aire de répartition estivale afin de protéger cette population.

Suivant cette présentation, quelques questions et commentaires sont formulés par les participants.

- On s'interroge au sujet de deux zones côtières qui semblent moins fréquentées (Kamouraska et Île Verte). On précise qu'il s'agit de battures, donc de milieux peu profonds.
- Une précision est demandée concernant la méthode ayant permis d'associer un pourcentage de la population à certaines régions plus densément et fréquemment utilisées. On ajoute que les zones identifiées par les études antérieures valident d'une certaine façon les résultats obtenus.
- Des participants se questionnent sur ce qui est réellement pris en compte par les inventaires aériens. Il est possible que ces derniers captent moins bien la présence des mâles, étant donné leur comportement de plongée de plus longue durée et à de plus grandes profondeurs. Une combinaison des méthodes d'inventaires peut ainsi s'avérer avantageuse.

- Un bémol est exprimé quant aux limites concernant la répartition hivernale de la population, telle qu'illustrée dans les figures présentées provenant de documents déjà publiés. Une mise à jour de ces figures permettant d'intégrer les nouvelles informations est suggérée (ex. observations à Bonne Bay).
- On précise qu'une séparation de la répartition en fonction des jeunes et des adultes est présentée dans un document connexe. La répartition des jeunes apparaît plus concentrée en amont, ce qui réduit quelque peu l'aire par rapport à la répartition de l'ensemble de la population.

## **2.3 DIÈTE DU BÉLUGA**

### **2.3.1 Analyse des contenus stomacaux (V. Lesage)**

Mme Véronique Lesage présente brièvement les espèces identifiées par l'étude de Vladykov (1946) comme proies du béluga, suivant l'analyse du contenu stomacal de 107 bélugas entre 1938 et 1939. Mme Lesage indique qu'une variation saisonnière prononcée avait été observée. Toutefois, elle rappelle que la majeure partie des individus échantillonnés provenait des bancs de Manicouagan, un secteur qui n'est actuellement plus utilisé par le béluga. Une analyse plus récente a été effectuée à partir de 19 estomacs de bélugas retrouvés morts entre 1989 et 2008. Cependant, Mme Lesage insiste sur le fait que l'information obtenue porte sur des traces et non sur des contenus substantiels. Les résultats doivent donc être interprétés avec précaution.

- Un inconfort est soulevé par des participants sur la taille de cet échantillon (19 estomacs). Il faut simplement demeurer prudent sur ce que cela représente.
- On mentionne que les limites de cette approche viennent justifier l'utilisation de méthodes alternatives pour l'étude de la diète.

### **2.3.2 Analyse des signatures d'acides gras (H. Smith)**

Mme Heather Smith a utilisé une approche indirecte pour mieux comprendre le régime alimentaire du béluga, soit l'analyse comparative de la composition en acide gras des bélugas et de leurs proies potentielles. Dans sa présentation, Mme Smith décrit principalement la méthode utilisée. Une soixantaine d'espèces de proies potentielles et une centaine de bélugas ont été échantillonnés. Les proies ont été sélectionnées d'après les résultats de Vladykov (1946) et en tenant compte de la disponibilité et de l'abondance actuelle des espèces dans le Saint-Laurent. Au total, 1 180 proies ont été regroupées en 31 classes. Mme Smith explique que la détermination d'un coefficient de calibration (CC) était nécessaire afin de tenir compte du métabolisme de déposition des acides gras dans le lard du béluga. À la suite de certaines complications dans le cadre d'une étude visant à déterminer ce coefficient à partir de bélugas en captivité, l'accès à un seul animal (mort) n'a pas permis de valider le degré de concordance des CC obtenus avec ceux de bélugas normaux. L'estimation de la diète est apparue sensible aux valeurs de CC, aux acides gras utilisés et aux différentes proies (bien que certaines puissent être confondues), mais non sensible à la saison, à l'âge et au sexe. Toutefois, tant qu'on ne disposera pas de valeurs plus définitives de CC, toute conclusion concernant l'importance relative des diverses proies pour le béluga s'avère prématurée.

- À la demande des participants, on précise la provenance de certaines espèces de proies, soit l'estuaire et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent.



- On mentionne qu'il vaut mieux augmenter la taille d'un échantillon, même si cela accroît sa variabilité, que d'exclure une proie potentielle. On considère qu'il serait prématuré d'exclure certaines espèces.
- Des participants se questionnent sur la possibilité de travailler avec des regroupements différents de proies, en étant moins spécifique.
- On mentionne qu'il serait intéressant d'évaluer la variabilité inter individuelle.
- On précise que selon la saison, ce ne sont pas les classes de proies qui varient mais les quantités.
- On mentionne que toute étude sur la diète ou sur la distribution du béluga pouvant apporter un éclairage au niveau comportemental serait grandement utile.

### **2.3.3 Analyse des isotopes stables et des contaminants (C. Couillard pour M. Lebeuf)**

En l'absence de M. Michel Lebeuf, Mme Catherine Couillard présente les résultats d'une étude qui combinait deux types de traceurs chimiques, soit les isotopes stables et les contaminants. Une analyse comparative des patrons de polybromodiphényl'éther (PBDE) et des rapports isotopiques de l'azote a été effectuée chez des bélugas et certaines de leurs proies potentielles sélectionnées à partir des résultats de Vladykov (1946). Mme Couillard décrit brièvement les deux approches, les résultats obtenus pour chacune d'elle et pour les deux approches combinées. Les résultats suggèrent que le hareng pourrait à lui seul dominer la diète récente du béluga du Saint-Laurent. Cependant, en combinant l'éperlan au capelan, ou le lançon au poulamon, les patrons de PBDE et les rapports isotopiques de l'azote sont respectés entre ces proies et les bélugas. Il est peu probable que des espèces telles que les vers nérés, l'anguille d'Amérique et la morue franche contribuent de manière substantielle à la diète récente du béluga du Saint-Laurent. Une incertitude est soulevée à propos du facteur d'enrichissement, lequel présente une variabilité selon le tissu étudié. Mme Couillard insiste sur l'importance de combiner plusieurs approches complémentaires afin d'accroître les connaissances sur le régime alimentaire du béluga.

- On observe que le hareng, soit l'espèce la plus probable de faire partie de la diète du béluga, représente une proie saisonnière.
- Une précision est apportée concernant l'incapacité dans le cas du métabolisme du béluga de dégrader le composé bromé 99 en composé 46. On fait référence à des travaux *in vitro*.
- On soulève le fait que cette étude a porté principalement sur des espèces pélagiques. On rappelle qu'on cherchait d'abord à vérifier si la diète du béluga pouvait être composée d'une combinaison de deux espèces. Il est conseillé de ne pas exclure trop rapidement la morue sous prétexte de sa faible abondance.
- Des participants sont d'avis que ces approches (acides gras, contaminants, isotopes stables) pourraient être davantage raffinées. Toutefois, les résultats préliminaires semblent valider les informations qui vont dans le sens d'une diète opportuniste et variée.
- On souligne que l'importance d'une proie ne doit pas être considérée uniquement en termes d'abondance mais aussi de qualité. La diversité devrait également être protégée.

---

## 2.4 MENACES

### 2.4.1 Répartition des contaminants dans les sédiments (A. Mosnier pour M. Lebeuf)

La présentation de M. Arnaud Mosnier en l'absence de M. Michel Lebeuf, porte sur une étude de caractérisation de la contamination des sédiments de surface dans l'aire de répartition du béluga. M. Mosnier présente les objectifs et la méthodologie utilisée. Trois classes de polluants organiques persistants étaient ciblées par l'étude (biphényles polychlorés (BPC), pesticides organochlorés (OCP), PBDE). Une cinquantaine d'échantillons de sédiments de surface distribués dans l'aire de fréquentation du béluga ont été caractérisés sur le plan physico-chimique (granulométrie fine) et une trentaine d'entre eux ont été analysés chimiquement. Sur la base d'une corrélation linéaire significative entre la granulométrie fine et la quantité de contaminants, les résultats obtenus à partir des analyses chimiques ont été extrapolés aux sites caractérisés uniquement au niveau physico-chimique. Deux zones principales de concentration des contaminants ont été mises en évidence, le chenal Laurentien et la zone en amont de l'île aux Fraises. Une troisième zone de concentration est également apparente au large de Cacouna.

- On précise que le lien entre les contaminants et la répartition des bélugas se situe au niveau de l'impact possible des contaminants sur l'abondance et la diversité des communautés benthiques.
- Des participants observent que les zones de concentration des contaminants sont associées à des zones de sédiments fins.
- Quant au modèle de régression, on s'interroge sur le niveau d'incertitude qui y est associé. M. Mosnier réexplique chaque étape de la méthode ayant permis l'extrapolation afin d'éviter toute confusion. Il est suggéré d'inclure des cartes d'erreurs (mesures de variance).
- Une comparaison des deux figures pour les PBDE semble montrer une certaine incohérence. Toutefois, on mentionne que cela relève peut-être davantage d'un effet visuel.
- Les classes de polluants organiques persistants ciblés par l'étude semblent se comporter de façon similaire, étant donné leur affinité avec les lipides. Ceci pourrait expliquer la similitude dans les patrons observés.

### 2.4.2 Autres menaces (J.-F. Gosselin)

M. Jean-François Gosselin effectue une revue sommaire des menaces susceptibles d'affecter l'utilisation de certains secteurs par le béluga : la réduction de l'abondance et de la qualité des proies, le dérangement lié au trafic maritime, le développement côtier et extracôtier (construction portuaire et dragage, barrages, pétrole et gaz), les menaces épisodiques et ponctuelles (efflorescences d'algues toxiques, épizooties, déversement de produits chimiques) et les changements environnementaux à long terme.

- Le premier commentaire concerne l'ensemble de cette section. Il importe de spécifier ce que représente l'information présentée, soit une revue non exhaustive des menaces dans la zone d'intérêt. Il convient donc d'effectuer une brève mise en contexte.
- Quant à la menace du trafic maritime, on conseille d'éviter de dire que le béluga n'est pas ciblé par les activités d'observations.



- Quant à la publication citée de Scheifele (1997), traitant de l'impact du bruit, il importe de s'assurer de bien rendre son contenu.
- En ce qui concerne le bruit généré par les petites embarcations, une divergence de points de vue est présente au sein de l'assemblée.
- On considère que le pourcentage de bélugas victimes de collision avec un bateau pourrait être plus élevé que ce que révèlent les nécropsies (6 %).
- Dans le cas des contaminants, on mentionne qu'il serait intéressant d'étudier d'autres types de contaminants (ex, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)).
- Pour ce qui est de la menace liée au pétrole et au gaz, il importe de mentionner que la zone d'intérêt dans cette étude est sous moratoire.
- Il convient également de faire mention de l'impact physique des diverses activités de dragage sur l'habitat.
- On informe les participants qu'un suivi par rapport aux algues toxiques est effectué chez les bélugas échoués.

## **2.5 CARACTÉRISATION DE L'HABITAT FRÉQUENTÉ PAR LE BÉLUGA DU SAINT-LAURENT**

### **2.5.1 Description du fond et des espèces benthiques (R. Larocque)**

M. Richard Larocque présente la méthodologie et les résultats de ses travaux portant sur une caractérisation fine de l'habitat benthique dans l'aire de répartition du béluga, pour le secteur entre La Malbaie et Les Escoumins et jusqu'à la baie Sainte-Marguerite dans le Saguenay. Afin d'alimenter le modèle de répartition du béluga, un ensemble de couches d'information environnementale et biologique a été créé (bathymétrie, rétrodiffusion, température, salinité, etc.). Une série d'inventaires a été effectué par imagerie benthique (photo et vidéo) remorquée entre 2008 et 2010 et a mené à une classification et à une cartographie des sédiments de surface et à une description de la macrofaune épibenthique. Les observations ont été cartographiées et l'habitat potentiel et réalisé de 15 espèces a été modélisé à partir des variables environnementales disponibles. M. Larocque précise que cette étude est complémentaire aux travaux effectués sur les sédiments fins. Il mentionne les perspectives qui y sont associées et termine en présentant de l'information sur l'archivage et la disponibilité des données.

- Dans le cas du lançon, on souligne que la nature du substrat constitue la variable explicative. Cette espèce semble effectivement associée aux bancs de sable.
- On soulève le fait que la rétrodiffusion apparaît souvent comme une variable explicative. On s'interroge sur sa corrélation avec la profondeur.
- Afin d'assurer une validation croisée, une carte d'erreurs pour chaque espèce modélisée est présentée.
- On s'interroge sur la possibilité d'extrapoler les résultats à la zone aval. Il semble que ce soit possible lorsque le  $R^2$  est élevé (ex. crabe des neiges), impliquant un nombre plus élevé d'individus.
- Un intérêt est soulevé par l'assemblée quant à l'exploration des liens entre les assemblages d'espèces et les variables environnementales.

---

### **2.5.2 Composantes biologiques (J.-F. Gosselin)**

M. Jean-François Gosselin précise que les données biologiques sont particulièrement fragmentaires dans l'espace et dans le temps pour la zone considérée dans l'étude (aire de répartition estivale du béluga), et qu'il s'avère difficile d'établir des liens entre la répartition des proies et le béluga. M. Gosselin décrit sommairement la disponibilité générale des proies potentielles et la formation de concentrations dans la zone à partir d'un ensemble de relevés et autres sources disponibles : le relevé de poissons de fond et de la crevette nordique dans le golfe (ajout de quelques strates dans l'estuaire de 2008 à 2010), le programme des observateurs dans 4Tp et 4Tq (1991-2005), le relevé au chalut benthique dans l'estuaire (2004-2008), la mission combinée acoustique et chalutage pélagique (1998), les observations du Réseau d'observateurs du capelan (2003-2010), et le suivi ichtyologique de cinq fascines le long des côtes de l'estuaire (1986-1997).

- On précise que le relevé de poissons de fond du golfe ne permet pas la capture de lançons.
- Il est suggéré d'intégrer les informations provenant d'un suivi dans les zostérides. On précise que l'information n'était pas disponible au moment de la rédaction du document.
- On souligne la pertinence de consulter le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec au sujet de la disponibilité de données concernant la pêche à la fascine.
- On s'interroge sur l'importance accordée à l'abondance des proies, considérant que le béluga semble plutôt opportuniste.
- Plusieurs proies potentielles montrent une grande variabilité spatio-temporelle, ce qui rend moins pertinent le fait de tenter de relier leur répartition au béluga. De plus, la plupart des données récoltées sur les proies sont ponctuelles et ne correspondent pas à la période des relevés aériens pour les bélugas.
- On insiste sur le fait qu'il n'existe aucun relevé systématique de la composante biologique (démersaux et pélagiques) dans la zone d'intérêt, ce qui apparaît comme une lacune importante.

### **2.6 INTÉGRATION DES COMPOSANTES DE L'HABITAT DU BÉLUGA DU SAINT-LAURENT (A. Mosnier)**

M. Amaud Mosnier décrit la méthodologie utilisée pour étudier le lien potentiel entre les densités de bélugas observés lors des inventaires aériens et les variables environnementales, incluant des facteurs physiques (bathymétrie, classification des habitats benthiques, vitesse et angle du courant, phases de marées) et des facteurs reliés aux activités humaines (présence de contaminants, intensité de la navigation). Un modèle logistique à effets mixtes, incluant une structure d'autocorrélation spatiale, a été utilisé dans le but d'expliquer la présence/absence des bélugas en fonction des conditions environnementales. Un modèle linéaire à effets mixtes, incluant une structure d'autocorrélation spatiale, a également été utilisé pour tenter d'expliquer les variations de densité des bélugas dans les secteurs utilisés en fonction des conditions environnementales.

- On est surpris par le fait qu'il ne semble pas y avoir de corrélation entre les courants de marée et la phase de marée.
- On s'interroge sur ce qui est testé par la courbe ROC (Receiver Operating Characteristic). Des précisions sont apportées.

- On soulève le fait que certaines variables pourraient avoir des effets seuils. On spécifie que ces effets ont été vérifiés par une relation linéaire, sauf dans le cas des contaminants.
- Des participants se questionnent au sujet de la prise en compte dans le modèle de phénomènes ou de structures physiques (ex. gyre) via certaines variables (ex. vitesse et angle du courant). On fait référence également aux données de Pierre Larouche sur les fronts qui pourraient être intégrées.
- Il convient de préciser lorsqu'on parle de courant, qu'il s'agit du courant de marée en surface.

À la vue des résultats, M. Mosnier indique que la répartition et la densité des bélugas dans l'estuaire du Saint-Laurent ne semblent pas être expliquées spécifiquement par un des facteurs considérés dans cette étude. Ainsi, les modèles ont un très faible pouvoir explicatif à l'échelle de l'estuaire. M. Mosnier soulève quelques hypothèses pouvant expliquer ces résultats : 1) les variables ayant une influence sur la répartition des bélugas n'ont pas été considérées dans les modèles testés; 2) la complexité et/ou la diversité des comportements des bélugas pourraient aboutir à une très grande variabilité de répartition de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent qui ne pourrait être représentée par un « comportement moyen » des individus; 3) la sélection de l'habitat se ferait à plus large échelle, et la présence des bélugas dans l'estuaire serait liée à la diversité des conditions rencontrées qui leur permettrait de réaliser plusieurs des activités nécessaires à leur cycle de vie et à leur organisation sociale. La combinaison de ces résultats suggère que les bélugas utilisent un réseau plus ou moins complexe de sites présentant des caractéristiques très variées et correspondant probablement à des fonctions elles aussi très différentes. Par ailleurs, il semble que le pouvoir explicatif du modèle augmente légèrement lorsqu'on divise l'estuaire par régions (amont-aval du Saguenay; nord et sud du chenal), mais il demeure très faible.

- Des participants suggèrent la possibilité d'inclure d'autres variables : proximité de tributaires, proximité de zostérides. L'exercice de modélisation pourrait également être appliqué uniquement aux jeunes. Ceci réduirait par contre la taille de l'échantillon (7 inventaires seulement). Quant à inclure les zones côtières, on précise qu'il faudrait qu'il y ait une très forte relation pour avoir une explication par le modèle.
- On se préoccupe d'un biais possible lié au fait qu'à certains endroits, il n'y a jamais de béluga, créant ainsi de faux zéros. Cependant, le modèle logistique effectue une correction. Les deux modèles s'avèrent de toute façon peu prédictifs. D'autres avenues sont aussi proposées (réduire les données aux 4 km, utiliser un Generalized Additive Model - GAM). On rappelle toutefois les nombreux avantages des méthodes utilisées.
- Il est suggéré d'inclure des cartes de variance en plus des cartes de moyennes. On s'interroge également sur la capacité de prédiction du modèle considérant le cumul d'incertitudes lié à l'ajout des couches d'informations. Cette incertitude pourrait également être cartographiée.
- On précise qu'une attention particulière a été portée au choix du facteur de lissage.
- On mentionne la possibilité d'utiliser les températures des CTD, en laissant tomber l'aspect temporel.
- On précise que le modèle apporte une correction quant à l'autocorrélation spatiale.
- Des participants considéreraient utile d'examiner les résultats en fonction des différentes phases de marée. On indique qu'il serait toutefois difficile de juger de cet effet sur l'ensemble de l'estuaire. Cette variable pourrait d'ailleurs masquer un effet sous-jacent, celui des fronts.

- On fait référence également à des travaux en cours visant à établir des liens entre le comportement, la fonction assurée et les variables environnementales (ex. Lemieux-Lefebvre (2009), Conversano (2009), Turgeon (2008)). On juge qu'il est essentiel de mener des études à une échelle plus fine, afin de documenter et soutenir notamment la gestion d'enjeux locaux, et dans certains cas plus côtiers. Toutefois, dans le contexte de l'IRÉ, il convient de demeurer plus global, à l'échelle de l'estuaire.

Finalement, M. Mosnier souligne certaines limitations liées à l'étude, notamment : la réduction des données de densités utilisées en comparaison avec les données disponibles; la prise en compte d'une seule année pour certaines variables explicatives (densité du trafic maritime, contaminants); et l'insuffisance de données sur les composantes biologiques. Il ajoute que l'exercice de modélisation effectué implique les résultats de travaux en préparation qui n'ont pas été revus par les pairs.

Quelques suggestions en guise d'amélioration sont proposées, entre autres : l'intégration de l'information sur le comportement des bélugas au moment de l'observation et l'acquisition d'informations plus précises sur la diète.

- En ce qui concerne la limitation liée aux données biologiques, on se questionne sur le réalisme d'un éventuel relevé systématique dans l'estuaire. En guise d'apport potentiel, on fait référence au modèle de mégahabitat de M. Jean-Denis Dutil et au potentiel d'assemblages d'espèces d'après les travaux de M. Richard Larocque.

## 2.7 PRINCIPAUX ENJEUX DE GESTION

M. Jean-François Gosselin effectue un rappel des principaux enjeux de gestion qui avaient été soulevés au début de l'IRÉ en lien avec l'habitat du béluga du Saint-Laurent. Pour chaque enjeu, une discussion a lieu concernant les apports possibles des travaux présentés et autres éléments à inclure dans l'avis scientifique. Le compte rendu rapporte les principaux points soulevés.

### Habitat

- D'après les résultats obtenus, il n'y aurait pas lieu de revisiter l'avis qui avait été émis en 2010 sur l'identification de l'habitat essentiel. L'approche utilisée ne permet pas de raffiner davantage à plus petite échelle.
- D'après un jugement récent (cas de l'épaulard, 2010), l'identification de l'habitat essentiel ne peut consister uniquement à la définition d'un polygone géoréférencé, mais devrait également comprendre des informations sur les caractéristiques et les attributs qui supportent les fonctions vitales. Lorsque ces composantes sont inconnues, il convient d'appliquer le principe de précaution. On soulève en particulier le manque d'informations sur la composante biologique et sur la diète.
- L'information issue des inventaires aériens pourrait davantage être exploitée. Il pourrait être utile de présenter la répartition temporelle du béluga, mais également de connaître les proportions de la population associées à certaines zones et de suivre les tendances dans ces zones. Certaines zones pourraient servir d'indicateurs. Toutefois, il apparaît difficile, sur la base des résultats de cette étude, de prioriser une zone par rapport à une autre. Le fait qu'il semble exister une structure au sein de la population complique aussi ce qui doit être considéré. Le réseau de liens entre ces zones est également à considérer.



- 
- Il importe de clarifier ce qu'on entend par fidélité au site et fréquentation, car il s'agit de suivis impliquant des protocoles différents.
  - D'autres suivis (ex. baie Sainte-Marguerite et embouchure du Saguenay) ont notamment permis de définir des mesures locales de gestion. Il convient de poursuivre les travaux qui ont cours à des échelles plus fines.

#### Diète

- Les données de Vladykov s'avèrent peu représentatives, étant donné que la majorité de captures échantillonnées provenaient des bancs de Manicouagan, un secteur qui n'est plus utilisé par le béluga.
- Les informations issues de l'analyse des signatures d'acides gras pourront être raffinées. Les résultats demeurent pour l'instant préliminaires et toute conclusion serait prématurée, ce qui est également le cas avec les résultats de l'analyse des isotopes stables et des contaminants. Il importe de confronter les résultats des différentes approches.
- Toutefois, il ne semble pas y avoir de contradiction avec l'idée que la diète du béluga implique des concentrations d'espèces à certaines périodes et des espèces de base toujours présentes, mais moins abondantes. C'est cette combinaison qui semble importante. Les indicateurs devraient tenir compte de la diversité d'espèces, à différentes périodes de l'année. On observe également un changement au sein des communautés d'espèces dans le Saint-Laurent.
- Quant à la possibilité d'inclure dans l'avis un tableau suggérant une liste de proies potentielles issue des différentes méthodes (directes et indirectes), il ne semble pas y avoir de consensus au sein de l'assemblée à cet effet.

#### Apport et accumulation des contaminants

- Deux zones principales de contamination ont été ciblées, le chenal Laurentien et la zone en amont de l'île aux Fraises. Toutefois, le modèle ne permet pas d'établir de liens avec la répartition du béluga. Il serait intéressant d'explorer davantage le secteur ciblé au large de Kamouraska, où l'on retrouve des jeunes avec des adultes et qui semble représenter une zone de fréquentation importante et une pouponnière pour certaines espèces de proies.
- Des analyses sont en cours pour compléter les patrons de contamination et identifier les sources locales de contaminants.
- Il serait intéressant de préciser les seuils critiques associés aux divers contaminants.
- La poursuite du programme de suivi des carcasses de béluga s'avère importante pour le suivi de la contamination.

#### Navigation

- Une étude de suivi du trafic maritime en provenance de l'étranger (1976-1994) semblait indiquer une certaine stabilité.
- Les activités d'observation des mammifères marins se sont par contre intensifiées depuis vingt ans. On précise qu'il n'y a plus d'émissions de permis à l'intérieur du parc marin, ce qui pourrait toutefois déplacer le problème à l'extérieur des limites du parc. Par ailleurs, il n'y a aucun contrôle sur la navigation de plaisance qui semble en augmentation.

- 
- Il semble par contre que la composition de la flotte mondiale soit en changement, suivant une augmentation de la taille des navires, ce qui pourrait accroître la pression et se répercuter dans le Saint-Laurent.
  - Les effets de la navigation sur les bélugas doivent être regardés en fonction du dérangement, du bruit et du potentiel de collision.
  - Il y a divergence d'opinions à propos de l'impact de la navigation commerciale sur les bélugas.

#### Indicateurs

- Deux niveaux d'indicateurs semblent émerger, soit à l'échelle locale (indicateurs spécifiques) et à l'échelle écosystémique (indicateurs d'intégrité biotique). Les enjeux se situent d'ailleurs à ces différentes échelles et les mesures de gestion devront en tenir compte.
- Il reste tout de même du travail à faire pour identifier ces indicateurs.

#### Pêches émergentes

- Non traitées dans le cadre de l'IRÉ.

#### Changements climatiques

- Le béluga du Saint-Laurent représente la population dont la répartition est la plus au sud chez cette espèce. Il convient de se questionner à propos de l'impact d'un réchauffement climatique sur cette population, mais également sur ses proies, et de l'effet de la disparition des glaces.
- Un lien semble exister entre l'eutrophisation et la fréquence des efflorescences d'algues toxiques.

#### Apport d'eaux douces

- Ces apports sont pris en compte dans le modèle.

#### Autres

- Il serait intéressant de connaître la tendance temporelle quant à la proportion de bélugas ciblés par les activités récréo-touristiques.

---

### **3.0 LES ESPÈCES FOURRAGÈRES RESPONSABLES DE LA PRÉSENCE DU RORQUAL BLEU (*BALAENOPTERA MUSCULUS*) DANS L'ESTUAIRE MARITIME DU SAINT-LAURENT**

#### **3.1 CONTEXTE**

Le président de la réunion, M. Jacques A. Gagné, souhaite la bienvenue aux participants et met en contexte la deuxième partie de l'atelier portant sur le thème « les espèces fourragères et le rorqual bleu ». Il présente le comité, les objectifs et les attentes de l'atelier.

##### **3.1.1 Généralités : introduction du volet rorqual bleu et espèces fourragères (C. Savenkoff)**

M. Claude Savenkoff expose aux participants le contexte régional de l'IRÉ dans l'estuaire du Saint-Laurent en relation avec le volet rorqual bleu et espèces fourragères. Par ses caractéristiques uniques physicochimiques et biologiques, l'estuaire maritime du Saint-Laurent (EMSL) a été identifié comme une des dix Zones d'Importance Écologique et Biologique (ZIEB) en 2006. M. Savenkoff présente ensuite les principaux enjeux de gestion et les pressions d'origine humaine dans l'EMSL et rappelle le cadre opérationnel de l'IRÉ en trois étapes :

1. Planification scientifique de concert avec les clients : identification et classement des enjeux scientifiques et de gestion (atteinte d'un consensus).
2. Développement de propositions de recherche détaillées (2008-2011) intégrant des recherches en cours, des activités de monitoring et des nouvelles recherches.
3. Évaluation scientifique intégrée : revues par les pairs, production d'évaluations et d'avis scientifiques.

M. Savenkoff termine en présentant l'horaire pour les deux prochains jours de l'atelier où les résultats des travaux des différentes équipes impliquées seront présentés et évalués par les pairs afin d'aboutir à une mise en commun et à une intégration des résultats et conclusions. L'ensemble devra aboutir à la préparation d'un document de recherche et d'un avis scientifique intégrateurs en réponse aux questions initiales.

##### **3.1.2 Généralités : caractérisation des communautés de l'écosystème de l'estuaire maritime (P. Ouellet)**

M. Patrick Ouellet précise que la caractérisation des communautés était le premier objectif du cadre de référence du thème « rorqual ». Il fait un rappel des connaissances générales sur les caractéristiques géophysiques et géomorphologiques ainsi que sur les différentes composantes biologiques (phytoplancton, mésozooplancton, méroplancton et ichthyoplancton, poissons et macroinvertébrés et mammifères marins) qui interviennent dans le système. Pour chaque composante, il décrit les communautés et les patrons de variabilité saisonnière et interannuelle et souligne quelques particularités de l'EMSL (comme par exemple la floraison phytoplanctonique printanière retardée par rapport au golfe du Saint-Laurent (GSL) et la faible proportion de jeunes stades) en mettant en évidence la connectivité entre le nord-ouest du GSL et l'EMSL. Il présente également les contributions de l'IRÉ qui ont permis l'acquisition d'informations nouvelles. Pour le macrozooplancton, M. Ouellet fait brièvement l'état de la communauté en mentionnant les quatre groupes taxonomiques dominant : les euphausiacés, les chaetognates, les mysidacés et les amphipodes. Il précise que les



---

données suggèrent une apparition de l'espèce amphipode hypéridé *Themisto libellula* en abondance croissante entre 1999 et 2005, laquelle pourrait être corrélée à une entrée d'eau du plateau du Labrador, signe de la connectivité de l'estuaire au nord-ouest de l'Atlantique. La population est considérée établie pour les années 2007 et 2008.

- On apporte en complément d'information que des observations de *T. libellula* sont rapportées dans les estomacs de morue en 1993, ce qui suggère que l'espèce était déjà présente dans l'estuaire. Il est possible que les dispositifs d'échantillonnage ou la période d'échantillonnage n'aient pas permis de la capturer avant la période d'apparition identifiée.

Concernant l'ichtyoplancton, M. Ouellet commence par un historique des connaissances sur la communauté en présentant les premiers inventaires qui remontent aux années 1970. La conclusion de plusieurs études était que l'EMSL ne permet pas la rétention de l'ichtyoplancton pendant la saison estivale. Dans le cadre de l'IRÉ, une mise à jour des données a été réalisée en 2009. Aucune larve de morue ni de pleuronectidé (NB : les œufs n'ont pas été identifiés) n'ont été retrouvées dans les échantillons de 2009. Le capelan composait 99 % de la communauté de 2009 contre 70 % dans les années antérieures et il semble que les maximums d'abondance sont observés plus tard en saison (en juillet). De plus, des larves nouvellement émergées ont été retrouvées à la fin du mois d'octobre 2009. L'étude de l'évolution de la taille des larves dans le système montre une croissance des cohortes au cours de la saison, donc une certaine rétention dans l'EMSL. Cette dernière observation est appuyée par les résultats préliminaires des échantillonnages de 2010. L'analyse d'échantillons de zooplancton récoltés de 1999 à 2009 (entre septembre et novembre) a mis en évidence une cohorte de jeunes larves de capelan émergeant tardivement à l'automne en 2002 et 2009 dans la région de Bic-Rimouski. Les résultats de cette série ont aussi montré que les abondances de larves de capelan semblent plus élevées à partir de 2004 et un patron de distribution qui varie: lorsque les abondances sont élevées, les abondances plus importantes sont retrouvées soit dans l'EMSL où dans le nord-ouest du GSL selon l'année.

- On conseille de regarder la thèse de maîtrise de M. Michel Bolduc (1986-1987) laquelle comporte des informations sur la distribution à fine échelle entre le courant de Gaspé et la gyre d'Anticosti, mais pas de tendances saisonnières car l'échantillonnage a été fait sur une courte période de temps.
- On demande s'il doit être fait mention de capelan d'automne à titre de distinction à l'intérieur de l'espèce comme on le fait pour le hareng par exemple. On répond que les résultats observés ne peuvent pas être interprétés comme un indice de différentes populations, mais ce qui est observé pour l'EMSL est peut-être plus associé à la composante de 4T (sud du golfe) de la population. Il existe du capelan qui fraie en profondeur, sur le fond, mais surtout observé dans l'Atlantique. Cependant, il faut considérer que s'il y a une composante qui fraie plus tard dans la saison ou que l'espèce fraie sur le fond et plus au large, ces événements ne sont pas accessibles aux observateurs.
- On mentionne que quasiment aucune larve de lançons n'a été retrouvée dans les échantillons. On répond que le moment de l'échantillonnage ne coïncidait pas avec le moment où les larves de lançon sont présentes dans le système.
- On demande si la période de frai du capelan est élargie et si la fenêtre spatiale s'étendrait aussi jusqu'au Saguenay. On répond que les cohortes observées de mai à juillet 2009 correspondaient aux observations du réseau d'observateur. Actuellement des conclusions quant à l'étirement de la saison de reproduction ne peuvent pas être

---

tirées en raison du caractère anecdotique des informations présentées ainsi que le manque de suivi.

M. Ouellet poursuit sa présentation en décrivant l'assemblage des poissons et macroinvertébrés à partir des inventaires des missions de poissons de fond à bord du *Teleost* qui ont lieu au mois d'août. Dans l'EMSL, la communauté de poissons est dominée par six espèces (turbot, plie grise, raie épineuse, molasse, motelle, myxine). D'après les activités de pêches dans le GSL, les débarquements totaux diminuent dans le temps suite à l'effondrement des stocks de poissons de fond. Actuellement, le turbot constitue 70 % des débarquements. La pêche aux invertébrés (crabe des neiges et crevette nordique) affiche une tendance à l'augmentation tandis que d'autres espèces (exemple : la mye, le buccin, l'oursin) représentent des marchés émergents. Les poissons pélagiques sont mal échantillonnés par ces missions au chalut de fond. L'introduction de strates côtières en 2008 entre 37 et 183 m a fait augmenter brutalement les abondances de certaines espèces (exemple : la crevette ésope). Elles ont également mis en évidence de fortes concentrations de jeunes de l'année (1 an) dans certains secteurs comme la région de Manicouagan pour la morue, la plie canadienne, et la rive sud de l'estuaire pour la plie grise. M. Ouellet précise que les analyses sont en cours.

- On commente en disant que le *Teleost* ne se rend pas à des profondeurs de moins de 50 m; il y a probablement encore des surprises.

La dernière partie de la présentation porte sur les mammifères marins qui fréquentent l'EMSL avec un focus sur le rorqual bleu et le krill dans le cadre de l'IRÉ. L'EMSL est une zone importante pour les mammifères marins; même s'il n'y a que deux espèces résidentes (béluga et phoque commun), beaucoup d'espèces sont des visiteurs réguliers. Concernant le rorqual bleu, on pense qu'il provient d'une population plus ou moins résidente du nord-ouest de l'Atlantique. Sa présence dans l'EMSL est fortement liée à l'alimentation, mais la taille de la population est inconnue de sorte qu'il n'est pas possible d'estimer l'importance ou la proportion de la population qui vient se nourrir dans l'EMSL. Le rorqual bleu est un sténophage qui se nourrit principalement de krill et dont les besoins alimentaires sont considérables. Dans l'EMSL, on retrouve trois espèces de krill, *Thysanoessa raschii*, *T. inermis* et *Meganyctiphanes norvegica*. Au total, 92 rorquals bleus ont été identifiés comme visiteurs réguliers dans l'estuaire; les observations annuelles se chiffrent entre cinq et 73 individus. Les observations sont très liées à l'effort. L'entrée des rorquals se fait au détroit de Cabot à compter des mois de mars et avril. Ils atteindraient la péninsule gaspésienne à la fin avril et les rorquals bleus se disperseraient dans l'EMSL du côté nord entre juin, juillet et août.

- On s'étonne que les zones du chenal Esquiman et du détroit de Belle-Îles soient vides d'observation. On précise que ces zones sont soit loin des différents ports ou qu'elles sont trop au large, que l'effort y est donc moindre et que cela ne signifie ainsi pas nécessairement que les rorquals bleus en sont absents. On met en garde quant à l'interprétation de l'absence d'observations.
- On ajoute en complément d'information que l'on pense que les animaux arrivent par le détroit de Cabot parce que de nombreux échouages y ont été observés dans les glaces au moment où les animaux arrivent dans le golfe.
- On demande si les années de fortes glaces comme 2003 peuvent conduire à une moins grande entrée de rorqual bleu. En réponse, on émet l'hypothèse que le couvert de glace pourrait changer le moment d'entrée des rorquals bleus, mais pas le nombre d'individus qui entreraient dans le Saint-Laurent.

- On demande si l'information dans une des figures présentées est un indice de l'effort de photo identification. On répond que cela représente là où l'effort a été mis spatialement. On spécifie que l'effort a été moins important dans l'estuaire qu'à Mingan où se situe la base de recherche du MICS. Un plus grand nombre de points représente donc un plus grand nombre de rorquals bleus. On précise que les données photographiques n'ont pas été à l'origine accumulées dans le but d'étudier la distribution spatiale des animaux.
- On complète l'information en mentionnant que pour la région de Gaspé, l'effort habituellement effectué au printemps est récemment aussi effectué à l'automne, donc l'utilisation de la zone par les animaux pourrait être présentement sous-estimée.
- On discute la complexité de présenter les observations par unité d'effort.

M. Ouellet présente ensuite les résultats de photo-identifications de rorquals bleus recensés sur une période de 21 ans. Le maximum d'individus est observé au mois d'août dans l'EMSL. Dans le cadre de l'IRÉ, les résultats préliminaires issus du déploiement d'hydrophones (acoustique passive) à cinq mouillages dans l'EMSL et le GSL ont montré que des animaux étaient présents dans la région jusqu'à l'automne et même en hiver.

- Une précision est apportée concernant les informations présentées pour le mois de juillet où le nombre d'individus observés est faible malgré l'effort indiquant la présence des rorquals bleus dans le système en juillet, mais en faible nombre alors qu'en août, les rorquals bleus sont présents en plus grand nombre. On précise que l'interprétation des autres mois est plus difficile à cause du problème d'effort.
- On rapporte que c'était au cours de la troisième semaine de juillet que les rorquals bleus étaient observés en plus grand nombre lors des missions de marquage de 2002 à 2006.

### **3.1.3 Agrégation du krill dans l'estuaire maritime: état des connaissances avant l'IRÉ (Y. Simard)**

M. Yvan Simard présente une revue de la littérature sur les connaissances disponibles sur le krill avant la mise en place de l'IRÉ. Cette information est disponible dans la publication Simard (2009). Il apparaît que des agrégations de krill dans l'estuaire et le golfe ont été mises en évidence par l'acoustique à hautes fréquences lors de travaux pionniers dès le milieu des années 1970 et l'importance des mécanismes de transport du krill a commencé à être identifiée à cette même période. Les travaux des années 1980 à 1990 ont mis en évidence l'agrégation et la dynamique des migrations verticales (DVM) qui ont servi à énoncer le modèle conceptuel d'agrégation dans l'EMSL, sous l'action de la combinaison de la circulation et du phototactisme négatif des adultes. Les campagnes de mesures par acoustique multifréquence, pêche et mesures océanographiques ont permis d'estimer plus précisément les quantités, leurs intervalles de confiance et leur variabilité temporelle ainsi que spatiale. La modélisation hydrodynamique couplée à des modèles biologiques de DVM du krill a permis de cerner les processus en cause, créant les agrégations dans l'estuaire et le golfe.

- On demande pourquoi dans Sourisseau *et al.* (2008), le krill semble avoir un comportement de DVM différent le troisième jour de la série temporelle, restant plus en surface alors que la quantité de chlorophylle en surface augmente, ce qui paraît aller à l'encontre de l'hypothèse « satiété/faim » des DVM. On répond que la variabilité observée peut provenir de l'advection horizontale dans la région, en plus du

---

comportement vertical, et que des séries plus longues seraient nécessaires pour apporter plus de précision quant aux conclusions que l'on peut tirer étant donné que plusieurs facteurs sont impliqués. On insiste sur le fait que les résultats par suivi des pigments chlorophylliens montrent qu'il y a des mouvements verticaux très nets des organismes pendant la nuit.

M. Simard résume ces avancées jusqu'à 2009 par une figure synthèse illustrant les mécanismes requis pour la constitution de l'agrégation de krill du Parc Marin Saguenay–Saint-Laurent (PMSS). L'importation de biomasse de krill du golfe se fait par la valve située à Pointe-des-Monts qui implique la circulation dans la gyre d'Anticosti et son couplage ou non avec les entrées du côté nord de l'estuaire. Le phénomène d'agrégation est concentré sur les pentes. Les suites apportées par l'IRÉ visent à expliquer comment fonctionne l'approvisionnement de l'estuaire en krill adulte depuis le golfe.

- On demande comment le modèle conceptuel du système d'agrégation dans l'estuaire a été validé. On répond que la validation est effectuée avec le modèle de circulation hydrodynamique couplé à des modèles biologiques et à des observations hydroacoustiques répétées. On souligne que la bonne correspondance entre le modèle et les observations acoustiques et océanographiques permettant de reproduire la structure au niveau des patrons demeure la meilleure validation.
- On questionne l'effet accumulateur de l'estuaire tel que suggéré car les concentrations de krill ainsi générées devraient être plus importantes en présence d'un tel processus. On mentionne que les concentrations d'organismes observées en un lieu et temps donnés sont variables, mais qu'il y a un effet concentrateur persistant de la circulation dans l'ouest du GSL d'après toutes les observations; la séparation des organismes selon la taille et le stade de développement dans le système et la structure de taille particulière du krill dans l'EMSL supportent un pompage estuarien majeur.
- On accepte que le krill remonte dans l'estuaire, cependant en l'absence de mesures d'abondance du krill ailleurs dans le système, on questionne la notion que le krill y est plus concentré qu'ailleurs. On répond qu'on réfère ici à des travaux des années 1990, citant l'article d'origine : « *the richest krill aggregation yet documented in North-West Atlantic* », ce qui demeure toujours vrai. La comparaison a été effectuée avec les données publiées alors pour des zones d'agrégation, incluant l'Antarctique. La baie de Fundy, était également apparue comme une autre zone de concentration importante, mais aucun estimé acoustique n'y avait été fait.
- On apporte des précisions sur la validation par la modélisation. Le modèle de circulation est basé sur des équations hydrodynamiques et de ce fait, il est indépendant des observations. Les modèles comportementaux introduits dans le modèle hydrodynamique simulent plusieurs populations d'organismes ayant des comportements verticaux différents, incluant un modèle de migration vertical. Cependant les comportements de DVM hivernaux ne sont pas réalistes étant donné qu'aucune observation n'était disponible en hiver, une lacune que les nouvelles observations de l'IRÉ permettent de combler. Le temps de résidence du krill dans la couche de surface est déterminant puisqu'il influe sur la possibilité d'être éjecté ou de demeurer dans le système. On suggère qu'un modèle à fine échelle serait nécessaire pour résoudre la problématique de rétention/dispersion d'après les conclusions de Sourisseau *et al.* (2008) et la structure cyclonique de la circulation dans l'estuaire, notamment les courants le long des talus.



---

### 3.2 PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES POUVANT INFLUENCER LA DISTRIBUTION DU KRILL : PATRON DE DISTRIBUTION SPATIALE ET VARIABILITÉ INTERANNUELLE DE L'ABONDANCE

#### 3.2.1 Variations spatiales et temporelles dans la distribution et de l'abondance du krill (*Thysanoessa raschii* et *Meganyctiphanes norvegica*) dans l'estuaire et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent (I.H. McQuinn)

M. Ian H. McQuinn introduit sa présentation en présentant les résultats d'une série de projets financés par l'IRÉ et SARCEP visant à comprendre la distribution des rorquals bleus dans l'EMSL et le nord-ouest du GSL. Il présente les objectifs fixés au début de ces projets et précise qu'ils ont tous été atteints. Un des objectifs concernait l'application d'algorithmes existants et le développement d'une nouvelle classification des assemblages de poissons et zooplancton (principalement le krill). La méthode acoustique a non seulement permis de distinguer le krill des autres organismes (poissons avec et sans vessie natatoire) présents dans la colonne d'eau, mais aussi de faire la distinction entre les principales espèces de krill, *M. norvegica* et *Thysanoessa* spp., c'est-à-dire *T. raschii* et *T. inermis* (*T. raschii* étant de loin la plus abondante des deux espèces). Une validation a été effectuée à l'aide d'un échantillonnage du zooplancton avec un filet et un BIONESS tous les deux équipés d'une lumière stroboscopique pour réduire l'évitement.

M. McQuinn présente ensuite la cartographie de la distribution et de l'abondance relative de la biomasse pélagique dans l'EMSL et les eaux adjacentes (nord-ouest du GSL). Il présente les différentes agrégations de krill observées lors des missions de 2000, 2005 et 2006 et souligne la similarité dans la distribution de ces agrégations avec celles observées par Sameoto (1972 et 1976). Trois habitats ont été définis : le chenal (180 m-fond), le talus (100-180 m) et le plateau (0-100 m). D'une façon générale, *T. raschii* est une espèce plus côtière que *M. norvegica* (qui est partagée entre les talus et les chenaux) avec 75 % de sa biomasse retrouvée au niveau des talus. *T. raschii* forme des agrégations plus denses et est retrouvée moins en profondeur que *M. norvegica* dont le centre de masse est plus bas de 20 m en moyenne. Les missions ont montré plusieurs zones comportant des agrégations importantes de krill dans tout le système particulièrement au nord-est de Pointe-des-Monts et au large de Gaspé. *T. raschii* était l'espèce dominante avec des abondances de 1,5 à 2 fois plus élevées que *M. norvegica* dans tout le système.

- On demande des précisions concernant les risques de surestimer l'abondance liée à la stratégie d'échantillonnage (un transect par strate). On répond que la stratégie utilisée ici est une stratégie systématique stratifiée avec plusieurs transects par strate : la première ligne est déterminée aléatoirement puis les suivantes sont déterminées de façon systématique. On précise que la couverture de la strate est uniforme et qu'il n'y a donc pas de biais dans les estimations de biomasse par strate.

M. McQuinn décrit ensuite les distributions de taille des deux espèces. Dans l'EMSL, les histogrammes de taille sont unimodaux et peu de juvéniles sont observés. À l'extérieur de l'EMSL, les distributions de taille présentent plusieurs modes surtout vers Gaspé pour *M. norvegica* (trois modes) et où des juvéniles ont été observés pour les deux espèces.

- On est surpris concernant la présence du troisième mode.
- On précise que le troisième mode est effectivement rare et on s'interroge sur le terme « juvénile » qui n'est peut-être pas adéquat. Berkes (1976) définissait les individus

---

appartenant au premier mode comme étant des adultes d'un an et ceux du deuxième mode comme étant des adultes de deux ans.

M. McQuinn reprend en parlant de la distribution verticale. La proportion de la distribution a été calculée à différentes profondeurs (à 5, 25, 50, 75 et 95 percentiles de la distribution) ainsi que les maximums de distribution et le centre de masse. Le centre de masse de *T. raschii* est plus haut dans la colonne d'eau dans l'estuaire qu'à l'extérieur. Une comparaison a été faite avec le profil de température afin d'observer l'exposition ou la préférence à la température. La température ne semble pas avoir d'effet sur la distribution verticale des deux espèces, mais à l'inverse, la salinité, utilisée comme *proxy* de la quantité de lumière *in situ*, semble avoir une forte influence négative. Cette relation est interprétée par le fait que la salinité est un marqueur de la charge particulaire des masses d'eau; les eaux plus douces tendent à être plus turbides et donc à laisser pénétrer moins de lumière dans la colonne d'eau.

- Une précision est demandée concernant *T. raschii* et le fait qu'elle serait plus restrictive quant à sa limite de tolérance à la lumière, *M. norvegica* étant plus étendue sur la verticale que *T. raschii*. On répond que cela s'explique par la possibilité que *T. raschii* forme naturellement des groupes plus compressés même en l'absence de *M. norvegica*. *T. raschii* ne semble pas former d'agrégation mixte le jour.
- On constate que dans la corrélation présentée entre le centre de masse et la température, les limites de la couche intermédiaire froide (CIF) définies ici (0,5 et 1,0 °C) ne sont pas très étendues et on demande si la comparaison entre des limites plus larges a été faite. On répond que les comparaisons avec des limites plus larges ont été faites et qu'aucune différence n'a été observée. On précise que ces limites ont été choisies en référence à ce qui a déjà été testé dans la littérature.

M. McQuinn précise qu'une plus grande quantité ainsi qu'une plus grande densité de krill était présente en dehors de l'estuaire que dans l'estuaire pour toutes les missions réalisées.

- On revient sur les différentes estimations de biomasse du krill présentées plus tôt dans la journée et qui s'élevaient à 1,2 million de tonnes; on demande si les estimations passées (de 500 kt à 1 million de tonnes) étaient pour l'estuaire seulement. On répond qu'il y avait un transect dans le nord-ouest pour les estimations passées provenant de la grille de la mission de macrozooplancton. On s'interroge sur la comparaison possible entre les estimations de biomasse étant donné que le territoire couvert dans l'étude présentée et celui des études passées différent. On discute sur l'intégration de la biomasse des études passées en soulignant qu'il n'y avait aucune documentation pour ces estimations. On rappelle que le comportement d'évitement du krill peut affecter l'échantillonnage.
- On s'interroge sur la sensibilité du modèle de classification aux différents paramètres de la réponse acoustique (orientation des individus, variabilité de longueur, forme, différence de vitesse de l'eau et des organismes, coefficients). On suggère que des tests de sensibilité à ces paramètres devraient être faits pour s'assurer que la mesure acoustique n'est pas biaisée, en plus de l'incertitude sur la mesure à une donnée de profondeur. On répond avoir utilisé la méthodologie standard publiée en y apportant des améliorations. De plus, un certain nombre d'échantillon des données BIONESS a pu être validé à différentes profondeurs confirmant que les deux espèces peuvent être identifiés jusqu'à environ 220 m de profondeur.

- On soulève aussi que d'autres espèces que du krill peuvent avoir contribué au signal obtenu. On répond que les couches contenant un nombre significatif de mysidacés, c'est-à-dire en bas de 200 m, ne sont pas considérées.
- Le président demande aux participants d'identifier les points d'accord ou de désaccord pour intégration dans le document de travail et par conséquent de ne pas allonger les discussions, car cette revue ne pourra pas départager les opinions, faute de pairs spécialistes de l'hydroacoustique.
- On souligne que les participants sont d'accord avec l'utilisation du SDWBA (*Stochastic Distorted Wave Born Approximation*) pour la modélisation de la réponse en fréquence du krill puis on demande des précisions quant au coefficient utilisé pour la conversion des données acoustiques en gramme. On explique que la valeur utilisée varie selon la longueur de l'espèce. C'est-à-dire qu'une valeur unique n'a pas été utilisée, qu'il s'agit du résultat d'une fonction (ratio) mettant en relation la longueur spécifique à chacune des deux espèces.
- On demande si les légères différences observées dans la distribution verticale de *T. raschii* et *M. norvegica* lors de la séparation entre les deux espèces sont rapportées dans la littérature. On précise qu'il est connu que *T. raschii* est distribuée plus haut dans la colonne d'eau que *M. norvegica* ce qui concorde avec les résultats. On demande si une validation terrain a été réalisée. On mentionne que les travaux de M. Michel Harvey montrent également que *T. raschii* est davantage plus près de la surface que *M. norvegica*. On informe qu'il n'y a pas d'autres travaux ayant procédé à l'identification à l'espèce par les méthodes acoustiques. On ajoute que la séparation de deux espèces a déjà été faite et on réfère à des travaux réalisés en Antarctique où la séparation était basée sur le volume des organismes.

### **3.2.2 Variations interannuelles de l'abondance des œufs de krill : potentiel pour un indice de variations interannuelles (S. Plourde)**

M. Stéphane Plourde introduit sa présentation en exposant sa vision à long terme en étudiant les variations interannuelles dans le système dans l'optique de développer un indice relatif de variations. D'après la littérature, les populations de krill présentent de fortes variations interannuelles d'abondance avec des cycles sur deux ou trois ans. Les variations interannuelles d'abondance des œufs de krill dans l'estuaire ont été examinées à partir des données récoltées de 1979 à 1980 et à la station Rimouski de 1992 à 2009. M. Plourde précise qu'une comparaison des abondances annuelles moyennes de trois stations entourant la station Rimouski au reste des 29 stations de la grille de 1979-1980 a permis de valider la représentativité des données issues de la station Rimouski. Il démontre ensuite que l'abondance d'œufs est indépendante de la disponibilité de nourriture (pas de relation significative entre la présence d'œufs et les fortes ou faibles concentrations de chlorophylle *a*), mais serait potentiellement liée autant à la biomasse de krill adulte dans le système qu'au temps de résidence de ces derniers dans l'estuaire.

- On demande si une meilleure concordance serait obtenue si la température moyenne était intégrée. On répond que l'impact ne serait probablement pas significatif en raison de l'échelle annuelle à laquelle sont effectués les travaux.
- On demande si le graphique final sur les variations interannuelles obtenues ressemble à l'information véhiculée dans la littérature pour les autres espèces. On répond par l'affirmative en précisant que l'origine de ces variations est difficile à déterminer car des effets interannuels de transport, de rétention et de recrutement



---

peuvent intervenir. Toutefois ce qui est observé correspond bien à ce qui a été observé en Californie et en Antarctique.

- Le demandeur remarque que l'effet de cycle dans l'abondance de la population de krill pourrait être à l'origine de la diminution importante enregistrée de 1994 à 1996 et qu'elle ne serait donc pas en dehors des oscillations annuelles sur l'ensemble de la plage de données. On répond qu'il est difficile de se prononcer à cet effet car sur l'ensemble de la série, le pic ne semble pas constituer un état de référence (pas de tendance significative à long terme, fortes abondances d'œufs observées après 1996).
- On demande si le second pic d'abondance observé tard durant l'été (août) certaines années pourrait expliquer le troisième mode des fréquences de taille des juvéniles ou adultes observé dans les résultats présentés plus tôt dans la journée. On répond que les résultats montrent que certaines années il y a une seule forte abondance d'œufs au printemps, certaines autres années le pic d'abondance est plus tard dans l'été et d'autres années où il y a deux pontes, au début et à la fin de l'été. On explique que cela pourrait être relié à la différence dans la période de reproduction de *T. raschii* et *M. norvegica*, laquelle pourrait faire en sorte qu'il y a une prépondérance de la production de l'une ou l'autre espèce au printemps ou à l'automne.
- On suggère de regarder les années où il n'y a pas de floraison au printemps ou à l'automne.
- On précise que le patron de floraison dans l'année peut affecter la production d'œufs en influant sur le synchronisme entre les cycles de ponte pour les deux espèces. On mentionne que le fait de changer la date d'échantillonnage de novembre à septembre dans la série de BIONESS peut biaiser l'estimé de biomasse.
- On suggère que la présence de chlorophylle a crée des conditions de turbidité élevée qui pourraient contribuer à l'évitement des organismes.

### **3.3 PROCESSUS ÉCOSYSTÉMIQUES POUVANT INFLUENCER LA DISTRIBUTION DU KRILL : TRANSPORT / ÉCHANGE ENTRE L'ESTUAIRE ET LE GOLFE DU SAINT-LAURENT**

#### **3.3.1 Le projet "valve" de l'IRÉ: transport et accumulation du krill dans l'estuaire** (Y. Simard, D. Lavoie et N. Roy)

Dans sa présentation, M. Yvan Simard explique le fonctionnement de la valve. Il décrit les méthodes d'échantillonnage et les mouillages déployés le long des talus pour en valider le fonctionnement. Puis, il présente les résultats de modélisation sur la circulation et le transport, notamment que le transport entrant se fait principalement du côté nord de l'estuaire au large de Pointe-des-Monts. Les résultats de l'analyse en composante principale des mesures de courants récoltées par le réseau des cinq mouillages de l'IRÉ révèlent une corrélation avec la composante des vents parallèles à l'axe de l'estuaire au niveau de Pointe-des-Monts. La valve répond à deux modes de circulation : un mode ouvert et un mode fermé. Une analyse de groupement indique que le mode ouvert, où les courants sont entrants du côté nord, correspond à des vecteurs de courants partout plus forts que dans le mode fermé où le courant du côté nord est sortant. M. Simard poursuit l'analyse en examinant les conditions de circulation qui changent sur le réseau des mouillages lorsque les courants supérieurs à  $10 \text{ cm s}^{-1}$  du côté nord sont soit entrants, soit sortants. Cette analyse fait ressortir que les entrées du côté nord correspondent aussi à de plus forts courants vers le sud à la station au large de Port Cartier.

---

Mme Diane Lavoie présente une comparaison des courants mesurés par les ADCP aux courants simulés par le modèle de circulation NEMO/OPA en se concentrant sur les événements d'entrée d'eau le long de la rive nord. Le modèle a une résolution d'environ 6 km<sup>2</sup> sur l'horizontale et compte 46 couches de profondeur variable sur la verticale. Le débit des rivières est obtenu à l'aide d'un modèle hydrologique et représente donc le débit naturel des rivières (sans effet des barrages). De plus, seulement la composante de marée M2 est incluse dans le modèle. Mme Lavoie présente ensuite les transports obtenus sur une période de quatre ans (2006-2009) sur la section nord de Pointe-des-Monts. Les transports ont été calculés sur les couches 10-40 m, 40-100 m et 100 m jusqu'au fond. Les résultats sont présentés séparément pour chaque année et les caractéristiques communes identifiées à la fin.

- On constate que le transport modélisé avec NEMO/OPA est cohérent avec les données des mouillages par rapport aux résultats obtenus précédemment avec le modèle GSS4. On constate que la comparaison n'affiche pas trop de différence malgré que le modèle hydrologique utilisé dans NEMO/OPA n'inclut pas l'effet de régulation des barrages qui affecte les entrées d'eau douce dans l'estuaire; on suggère un possible lien de la circulation avec l'entrée d'eau au détroit de Belle-Isle.
- On demande quels seraient les changements occasionnés si on considérait une résolution du modèle supérieure à six km. On répond que l'on s'attend à de meilleurs résultats avec une plus forte résolution d'après les résultats préliminaires d'un modèle qui possède une résolution de trois km.
- On demande une vérification des unités de mesures présentées (Sv) lors de la sommation des transports sur une base annuelle. Comme on a fait la somme des unités de volume, l'unité résultante n'est en fait pas une unité de transport de volumes d'eau « Sv ».
- On constate qu'il y a clairement une composante saisonnière et on s'interroge si celle-ci est due seulement au vent ou si d'autres mécanismes interviennent. Les débits d'eau douce sont considérés, mais ne constituent pas le seul facteur. Des analyses plus poussées sont nécessaires pour définir l'importance des différents forçages dans l'augmentation de l'intensité de la gyre, incluant le vent, les débits d'eau douce et les entrées d'eau au détroit de Belle-Isle.

M. Simard reprend la parole pour présenter les résultats des mesures de courantomètre à effet Doppler (ADCP) avec quatre faisceaux qui calculent la vitesse de déplacement de la masse d'eau en mesurant les particules qui y sont transportées. S'appuyant sur la littérature, il résume quelques notions de base en acoustique halieutique relativement aux nombreux facteurs qui contrôlent l'intensité des échos enregistrés par les échosondeurs, notamment la fréquence acoustique, le type d'organisme, sa taille, sa composition, son orientation, sa forme et la structure spatiale des agrégats. Ces informations de base sont utilisées pour distinguer les types d'organismes comme les copépodes et les euphausiacés. Il souligne l'effet majeur de l'orientation de l'organisme sur l'intensité des échos, une source de variabilité dont les ADCP sont affranchis par leur capacité de mesurer simultanément dans quatre directions. Puis en réponse à une question qui a été posée lors de l'atelier de janvier au sujet de la représentativité spatiale d'une mesure en un point (mouillage), M. Simard présente la carte des vecteurs progressifs des déplacements d'eau aux stations illustrant que la distance mesurée en une nuit est de l'ordre de 10 à 20 km, comme les ellipses de marée publiées pour la région. Il rappelle que l'avantage de l'approche par observatoires à un réseau de stations permet d'obtenir des séries continues sur un continuum d'échelles temporelles couvrant toute l'année, contrairement aux couvertures spatiales lors de missions qui sont ponctuelles dans le temps; les deux approches sont complémentaires. Il explique

---

comment il a vérifié la calibration des ADCP et des quatre faisceaux, en comparant les valeurs des échos estimées par l'ADCP selon la formule du fabricant à celle mesurée par un échosondeur calibré. La régression obtenue et son fort coefficient de corrélation ont confirmé la validité de l'utilisation de la relation proposée par le fabricant. Il présente une liste de publications indiquant que les ADCP sont couramment utilisés pour des études semblables de la biomasse de divers organismes, notamment du krill. Il rappelle que les valeurs de biomasse présentées pour ce projet de la valve correspondent à un organisme dominant la réponse acoustique dans l'écosystème, qui effectue des migrations verticales nyctémérales de l'ordre d'une centaine de mètres à l'année longue. Il rappelle que la fréquence acoustique utilisée est faible pour obtenir un écho significatif provenant de petits organismes comme les copépodes. Il présente les valeurs des échos qui résulteraient des concentrations de copépodes observées à différents sites par le programme de monitoring PMZA fournies par M. Stéphane Plourde. Elles correspondent au seuil des valeurs des échos mesurées par les ADCP aux stations des mouillages, confirmant ainsi que la contribution d'autres organismes qui font des migrations verticales, notamment les copépodes, est négligeable dans le signal analysé comme indice acoustique de la biomasse du krill. De plus, une part de cette contribution potentielle est éliminée dans les données de biomasse du krill, estimée pendant la nuit, par la soustraction des concentrations observées dans les 50 m supérieurs de la colonne d'eau pendant le jour.

Mme Nathalie Roy présente les résultats sur la biomasse de krill estimée aux cinq stations en 2007-2008 et 2008-2009. L'autocorrélation atteint un plateau après quatre à cinq jours, indiquant une similitude entre les valeurs de biomasse à une même station à cette échelle de temps. Aux échelles hebdomadaires et supérieures, la variabilité est plus importante. La station la plus variable est celle du courant de Gaspé. La station des Escoumins se démarque les deux années par une plus grande biomasse moyenne suivie de la station de Godbout. À la station d'Anticosti, de janvier à mars, il y a un migrateur qui reste autour de 60 m la nuit. L'apparition des organismes dans la partie supérieure de la colonne d'eau suit parfaitement l'aube et le crépuscule civils pendant toute l'année, avec un léger devancement en mai, indiquant un changement synchrone temporaire dans le système. Les estimés du flux cumulé de biomasse aux stations va dans le sens du modèle de la valve; soit entrant partout sauf à la station du courant de Gaspé où il est sortant.

Mme Roy présente ensuite des séries temporelles de densités de vocalises de rorqual commun et de rorqual bleu enregistrées entre juillet 2008 et septembre 2009 aux Escoumins et à Baie-des-Sables. On note une période d'intenses vocalises pour les deux espèces à partir de juillet aux deux stations se terminant au début de janvier, confirmant la présence tardive des animaux dans l'estuaire. A priori, la densité de vocalises ne correspond pas à de plus fortes biomasses de krill; des examens plus approfondis à différentes échelles seront nécessaires pour analyser l'éventuelle corrélation.

- On exprime la difficulté de comparer le Sa et les mouillages.
- On questionne la localisation des stations de mouillage par rapport aux sites d'accumulation de biomasse de krill et le risque de manquer le signal. On argumente que les Escoumins constituent une barrière physique où s'accumule la biomasse. On répond en rappelant que les positions des mouillages ont été choisies pour être sur le contour bathymétrique du talus du chenal, tout au long du parcours de transport principal du krill et où on sait que le krill s'accumule selon la littérature et l'hypothèse de la valve. On souligne que les données sont des données de toute la biomasse qui a migré verticalement sur toute la nuit, qu'elle soit en dessous ou au-dessus de la profondeur de l'ADCP pendant le jour. Au cours de cette période, l'advection permet

- 
- d'échantillonner des biomasses sur une distance d'une dizaine de kilomètres autour de ce corridor de transport, comme le montrent les vecteurs progressifs présentés.
- On mentionne que la vocalisation est un indice de présence, mais que l'absence de vocalisation ne doit pas être associée à l'absence de rorqual. Les informations apportées doivent être complémentaires avec des relevés visuels. On souligne que la comparaison entre les jeux de données serait intéressante.
  - Les discussions se poursuivent quant à la validité des mouillages fixes. On mentionne qu'il y a de la variance tant au niveau spatial qu'au niveau temporel et qu'il est difficile de dire qu'une méthode est plus biaisée qu'une autre car dans les deux cas il y a de l'incertitude.
  - On demande si la comparaison est possible entre les données des relevés de mission acoustique et les résultats de mouillage en continu sur la base d'une journée.
  - En lien avec la profondeur des mouillages, on demande si d'autres organismes que le krill effectuant des migrations ont été identifiés. On répond par la négative; la plus grande probabilité d'une contribution par d'autres organismes aux échos de krill, malgré la soustraction des échos de jour, aurait été lors de l'événement synchrone observé en mai.

M. Simard termine en faisant un rappel des conclusions de la présentation.

### **3.3.2 Profondeur diurne du centre de masse du krill et ses implications pour les variations interannuelles du transport du krill dans l'estuaire (S. Plourde)**

M. Stéphane Plourde présente les résultats de ses analyses d'échantillons de BIONESS. *Calanus finmarchicus* entre dans l'EMSL du côté nord et est associé principalement à la couche 100-120 m de la colonne d'eau. Le krill se distribue selon un patron vertical jour-nuit, il est davantage en profondeur le jour et remonte à la surface la nuit. Sur la base de ces principes, M. Plourde présente une méthodologie visant à décrire les patrons verticaux de *T. raschii* et *M. norvegica* en établissant une probabilité maximale de transport des organismes présents dans la zone de transport. Cet indice est estimé à 0,25 par an et suggère un chevauchement avec la CIF. La modélisation a été réalisée en intégrant les variations biologiques (saisonnnières, interannuelles et interspécifiques) plutôt qu'en utilisant un facteur constant, ce qui reviendrait à restreindre l'interprétation du modèle à l'influence des conditions physiques.

- On demande des précisions sur la force du transport en fonction de la profondeur (c'est-à-dire si ce n'est pas la profondeur bathymétrique, mais plutôt la profondeur où se situe la CIF qui fait la démarcation entre les deux zones). On répond que si la CIF est plus profonde, il va y avoir plus d'épaisseur d'eau, plus de volume qui entre dans l'EMSL. Un autre intervenant explique que la CIF est formée dans le GSL et remonte dans l'EMSL; ceci n'exclut pas que l'eau en dessous de la CIF pourrait remonter également. On répond que les résultats de la présentation de Mme Lavoie suggèrent des vitesses très faibles au niveau de la couche profonde. Un autre intervenant mentionne que la valve semble fonctionner à toutes les profondeurs; lorsqu'il y a déconnexion de la gyre, elle s'étend sur toute la colonne d'eau. On appuie son point en précisant que le transport est optimisé si les organismes sont présents dans la CIF. On répond que cela n'est pas forcément vrai étant donné les forts vecteurs de courant observés en surface. On répond que ce qui est présenté ici est valable pour ce qui se passe de jour. On suggère d'utiliser un modèle pour solutionner les



- 
- questions telles que la profondeur à laquelle se trouve le krill puis de l'intégrer à un modèle hydrodynamique.
- On ajoute un commentaire au sujet du modèle de circulation présenté qui considère des couches fixes. Il est observé que l'eau entrant au niveau de la couche 100 m-fond jusqu'en juin puis sortait, tandis que pour la couche 40-100 m, l'eau entrant sur toute l'année. On suggère d'analyser les sorties du modèle en recalculant les transports pour chaque année et de coupler l'information avec le coefficient  $k_p$  et l'isolume associé à la profondeur du centre de masse. On répond que des implications plus locales pourraient également intervenir et qu'il serait intéressant d'analyser comment tout cela est connecté à l'échelle du GSL. Un intervenant suggère d'introduire au modèle la source du krill qui se trouve dans le nord-ouest pour comprendre les variations interannuelles.
  - Les participants discutent ensuite du mécanisme de la valve et de la gyre qui fonctionne sur toute la colonne d'eau. On suggère que des transects dans tout l'estuaire seraient utiles pour comprendre la dynamique dans son ensemble. On ajoute que de l'eau pourrait peut-être aussi entrer du côté sud au niveau de la couche profonde. À ce propos, on apporte des compléments d'information sur le transport sur la rive sud. S'il y a entrée du côté sud, il est à prévoir que les organismes entrant sont rapidement retournés en aval. Tandis que s'il y a entrée du côté nord, l'aspiration par le courant pourrait s'effectuer jusqu'à la tête du chenal Laurentien en amont de l'EMSL, d'où l'hypothèse que les entrées doivent se faire du côté nord pour que les organismes soient retenus dans l'estuaire.
  - On demande quel système pourrait être mis en place pour mesurer les fluctuations du succès de recrutement du krill d'une année à l'autre. On explique qu'il faudrait décrire les variations interannuelles d'abondance des larves. Puis on ajoute qu'il faudrait des expériences de base qui visent à décrire la physiologie, le succès de croissance et de survie selon les conditions et de les introduire dans des modèles.
  - On demande si le modèle a pu être validé au moyen d'observation. M. Plourde répond par l'affirmative et cite le travail publié en collaboration avec M. Frédéric Maps.
  - On mentionne l'intérêt de disposer de mesures permettant d'apporter des éléments en vue de prédire le recrutement dans le système. On s'interroge, dans une perspective de gestion au niveau de l'estuaire, sur la nécessité de connaître et de comprendre en détail toute la dynamique du recrutement du krill pour savoir combien et où il y en aura d'une année à l'autre en lien avec la présence des mammifères marins. On répond que des éléments de réponse seront apportés lors des présentations à venir.

### 3.3.3 Dynamique d'accumulation et de balayage du krill dans l'estuaire (I.H. McQuinn)

M. Ian H. McQuinn présente les résultats de ses missions acoustiques. Des concentrations similaires de biomasse de *T. raschii* ont été observées dans tout le système (514 t) en juin et entre les Escoumins et à la hauteur de Gaspé (526 t) en août. *M. norvegica* montre sensiblement les mêmes tendances d'un déplacement vers l'est. En raison de l'apparente conservation de biomasse, il y a lieu d'investiguer afin de savoir s'il s'agit du même krill qui aurait été déplacé par la circulation. L'ajout des données acoustiques récoltées par M. Patrick Ouellet appuie l'hypothèse d'un transport vers l'amont entre mai et la fin juin. Selon l'évolution des agrégations pour *T. raschii*, toute la biomasse du courant de Gaspé semble déplacée à Gaspé deux mois plus tard. *M. norvegica* adopte sensiblement le même patron bien que moins défini en raison des agrégations moins denses. *M. norvegica* est entré à Pointe-des-Monts à la fin juin ou au début juillet; en août, il y avait davantage de dispersion

---

et de désagrégation et le transport s'effectuait de Pointe-des-Monts vers Matane en passant par Les Escoumins.

M. McQuinn énonce différentes conclusions de son étude:

1. Il existe une cohérence dans la biomasse entre juin et août d'après les estimations de biomasse et le suivi des agrégations.
  2. Il est essentiel de suivre la distribution des agrégations.
  3. Le système présente un mécanisme de déplacement de type convoyeur vers Gaspé, ce qui supporte la notion globale d'une entrée par la rive nord et éventuellement une sortie par la rive sud.
  4. Un balayage du krill a été observé à la tête du chenal Laurentien entre juin et août, possiblement relié à son comportement.
- On demande si un passage directement de Pentecôte vers le sud serait possible quand la valve est fermée. On répond qu'effectivement c'est un scénario possible. On réfère à des résultats d'ADCP en citant une masse observée à Port-Cartier en avril-mai-juin et dont une partie aurait pu effectuer un passage du nord au sud sans passer par l'estuaire pour atteindre Gaspé en juin-juillet-août. Bien qu'on constate que les résultats d'ADCP sont cohérents avec nos connaissances de la circulation, les données des relevés acoustiques ne confirment ni n'infirment une telle conclusion, un tel passage n'ayant pas été observé. On rappelle que le but de cet exercice est d'avoir les données de validation. On revient sur l'importance de la couche de fond avec le krill (notamment *M. norvegica*) qui est présent sous les 100 m et l'absence de donnée d'ADCP à cette profondeur.

M. McQuinn décrit le phénomène des essaims de surface. Il s'agit de concentrations particulières de krill durant le jour qui semblent davantage composées de femelles matures. Le synchronisme entre le cycle de DVM normal et le cycle bimensuel de marée ne permet pas d'expliquer le balayage du krill à la tête du chenal Laurentien. Une hypothèse propose que les changements ontogéniques occasionnent une migration prolongée vers la surface et seraient à l'origine du mécanisme de balayage du krill à cet endroit.

- Une nuance est apportée sur la relation entre le phytoplancton et les événements de pontes. Le papier de Tarling *et al.* (1999) mentionnait que c'était la première floraison qui était responsable de la synchronisation du premier événement de ponte. L'intervenant précise que l'EMSL ne semble pas être limitant en nourriture et donc que les événements de ponte suivant le premier pourraient être liés au temps de développement (chaque deux cycles de mue) influencé par les conditions générales du système plutôt qu'une autre floraison.
- On rappelle que *M. norvegica* se reproduit en août et *T. raschii* en avril, bien qu'il soit possible que de la reproduction ait lieu à d'autres périodes de l'année. En effet, des *T. raschii* femelles prêtes à pondre ont été observées en août. Ces femelles ont des spermatophores qui pourraient augmenter leur flottabilité et ainsi diminuer leur capacité à descendre dans la colonne d'eau. On précise que la présence de spermatophores ne doit pas être utilisée comme indicateur car ils peuvent être présents de façon très précoce. On discute de la faible probabilité d'échantillonner avec un filet des individus qui viennent se reproduire en surface le jour.
- Un autre intervenant rapporte que la présence de concentrations d'euphausiacés en surface est assez régulière sur le territoire du PMSS. Les observations sont occasionnelles, mais pas exceptionnelles. En 2010, un réseau d'observateurs des agrégations de surface a été mis sur pied. On exprime un certain scepticisme et on

---

suggère que la migration du krill vers des régions peu profondes pourrait conduire à une perturbation du mécanisme de phototactisme des organismes, lesquels sont alors accessibles aux prédateurs près de la surface. On répond que l'hypothèse des essaims de surface pourrait être associée aux besoins physiologiques de l'espèce lors de la ponte, laquelle nécessiterait un apport énergétique important.

### 3.4 INTERACTIONS TROPHIQUES : INTERACTIONS KRILL - RORQUAL BLEU

#### 3.4.1 Le rôle structurant du krill dans la distribution, le déplacement et le comportement d'alimentation des rorquals bleus dans l'EMSL et les eaux adjacentes (I.H. McQuinn)

M. Ian H. McQuinn présente les données utilisées:

- Inventaires acoustiques et de mammifères marins : missions multidisciplinaires à grande échelle (juin 2006; août 2005).
- Présence d'observateurs lors d'une mission dédiée (août 2009).
- Données du MICS (1977-2007; juin-juillet-août 2009).

Il souligne que davantage de rorquals ont été observés à l'extérieur de l'estuaire lors de l'échantillonnage des missions acoustiques dédiées.

L'étude met en relation les densités de krill et la présence de rorquals. Dans cette optique, on vise à établir s'il y a une distance d'attrait des agrégations corrélée à la présence de rorquals en calculant un indice d'association selon la distance (tampon de 3, 6 ou 9 km). La densité des deux espèces de krill est représentée après krigeage des données acoustiques (dB 63, 31) sous forme de « taches » (*patches*), soit une aire où on retrouve une densité de krill à un niveau propre à l'espèce (63, 31, ... g m<sup>-2</sup>).

Différents indices d'associations ont pu être décrits et reliés à une espèce de mammifères marins.

Les densités (g m<sup>-3</sup>) observées pour *T. raschii* sont plus fortes que pour *M. norvegica*. La représentation des associations par proie démontre que *T. raschii* est davantage visé par les mysticètes qui sont peu associés à *M. norvegica*.

- On demande quel aurait pu être le résultat attendu lors des années pauvres en *T. raschii*. On répond que malheureusement, il n'y avait pas d'observateurs en 2010 qui semble être une année pauvre. On précise qu'il serait intéressant de regarder les éléments qui pourraient apporter la réponse.
- On s'étonne de la préférence du rorqual à bosse pour les alentours d'une tache et du comportement d'évitement du petit rorqual qui laisse présager une activité alimentaire réduite. On demande si cela peut être attribué au régime alimentaire orienté vers les poissons. On répond en mentionnant les difficultés de modélisation des données de poissons en raison de l'effet local des bancs. Le petit rorqual est de plus petite taille et est davantage mobile, ce qui pourrait expliquer qu'il est difficile de l'observer sur une agrégation.
- On demande si la distribution davantage uniforme de *M. norvegica*, soit l'absence de pic, pourrait justifier l'absence d'association avec un pic. On répond en précisant que ces travaux ne montrent pas d'association avec de fortes densités de *M. norvegica*,



---

sans signifier pour autant que les rorquals ne mangent pas de *M. norvegica*, mais des associations à de fortes densités de *T. raschii*.

- On demande si les comparaisons sont faites avec des densités intégrées sur l'ensemble de la colonne d'eau. Quel serait l'effet en utilisant des densités moyennes ou maximales par m<sup>3</sup>? On répond que les densités en m<sup>2</sup> sont une bonne approximation des m<sup>3</sup>, c'est-à-dire que le secteur de fortes densités volumétriques sont les mêmes que les fortes densités spatiales.

M. McQuinn continue sa présentation en considérant la profondeur des strates; il observe que les rorquals sont davantage associés avec des biomasses importantes dans les 100 premiers mètres. En particulier, on a observé une agrégation moins profonde sur laquelle de nombreux rorquals étaient concentrés. Le modèle de classification indiquait que l'agrégation était composée de *T. raschii* alors que les échantillons confirmaient que *T. inermis* était également présent, ces deux espèces ne pouvant pas encore être distinguées.

M. McQuinn a procédé à l'analyse approfondie des phénomènes se produisant à l'intérieur d'une agrégation lors de relevés du 25 au 29 août 2009. Le marquage d'un rorqual bleu a permis d'obtenir le profil de plongée et notamment d'identifier les plongées associées à l'alimentation. Les données relatives à l'activité de l'animal ont été superposées aux données acoustiques pour identifier les périodes d'alimentation en fonction des densités de krill. L'animal a passé les deux tiers de son temps à s'alimenter sur les concentrations de *T. raschii* moins denses, mais moins profondes, dont certaines à la surface.

D'après les images satellitaires de température, les eaux étaient plus chaudes sur la rive nord que sur la rive sud lors de la première journée de la mission (25 août). Ensuite, un événement de vent nord-ouest violent a perturbé les opérations pour une durée de 38 h. Suite à ces vents, une remontée d'eau a été observée le long de la rive nord (28 août). Par la suite (le 29 août), le krill s'est déplacé plus au large, suivi par les rorquals. L'acoustique a permis d'associer la présence de baleines en surface à la présence de plusieurs agrégations distinctes (essaims de surface) de *T. raschii*. Le stade et la taille des *T. raschii* associés à la surface témoignaient du fait qu'ils étaient prêts à pondre. Les données ont permis d'observer le krill à la surface durant le jour : le profil de distribution verticale ressemble au profil qu'on observerait habituellement la nuit. Les temps de plongée des rorquals étaient environ deux fois plus longs le 29 que le 28 août. Ainsi, le premier jour de l'échantillonnage, les individus ont migré verticalement la nuit, le deuxième jour la migration a été moins profonde et le troisième jour, ils sont demeurés en surface.

M. McQuinn résume les conclusions auxquelles son étude a mené :

1. L'habitat du rorqual bleu est éphémère et ne peut pas être associé à une seule composante spatiale. Il faut considérer l'aspect temporel avec les éléments comportementaux des proies qui structurent la réaction alimentaire des prédateurs.
  2. L'EMSL est une zone d'alimentation significative pour le rorqual bleu, associée à une facilité d'accessibilité au krill en raison de la migration verticale liée à la reproduction en certaines périodes de l'année plutôt que pour une abondance ou une densité de krill particulièrement élevée.
- On souligne que la formulation de la conclusion doit être réécrite pour bien faire comprendre que la définition de l'habitat ne doit pas se limiter à un quadrilatère; elle doit inclure la distribution des proies. On précise qu'effectivement l'habitat n'est pas un carré et qu'il peut être défini en considérant la préférence du rorqual bleu pour les zones de reproduction des espèces *T. raschii* et *M. norvegica*.

- On demande des précisions techniques sur la méthodologie employée pour identifier l'agrégation de surface de krill utilisée par les baleines alors qu'il semble avoir une agrégation importante autour de 150 m. On demande comment est-on sûr que le krill identifié est bien du krill. On réfère à la grille de classification utilisée et aux données des traits de BIONESS réalisées par la même occasion. On constate qu'il semble qu'il y avait une progression dans l'importance des essaims de surface dans le temps et que le centre de masse est, en général, remonté.
- On s'informe si les essaims de surface observés peuvent être liés à l'effet de l'évènement de vent important. On souligne qu'il n'est pas possible de conclure en ce sens. Cela peut être l'effet d'une coïncidence, mais pas l'effet direct d'une remontée d'eau profonde, car les courants verticaux au milieu de l'EMSL sont trop faibles.
- On fait le parallèle entre les observations faites sur le comportement alimentaire des rorquals bleus marqués. Alors qu'il était anticipé que les plongées journalières se faisaient en eau profonde, il a été observé que la majorité des animaux s'alimentaient plus près de la surface soit dans la zone 0-50 m de jour au mois d'août. Ces observations se sont répétées sur cinq années dans l'estuaire, au niveau des plateaux pour la plupart des individus sauf deux cas qui ont été observés plus au large.
- On apporte des précisions quant aux comportements alimentaires des animaux. À la vue des résultats, l'intervenant comprend que les rorquals bleus préfèrent s'alimenter à la surface même si les densités sont moins importantes qu'en profondeur. Cela peut être attribuable à la dépense énergétique moindre associée à la récolte du krill accessible en surface. Il conclut que le caractère attrayant de certaines zones pourrait être l'accessibilité des proies en surface.

M. McQuinn continue en présentant une hypothèse sur les interactions krill et rorqual bleu reposant sur une production de chlorophylle *a* plus tardive et plus longue. En 2009, la progression de la chlorophylle *a* s'est faite d'est en ouest. En premier lieu, une floraison printanière s'est produite au nord-est du GSL. La floraison s'est déplacée vers l'ouest avant d'emprunter le courant de Gaspé. Par la suite, un second évènement de floraison dit estival-automnal s'est produit à Gaspé. Par contre, l'analyse de la production primaire dans l'estuaire par imagerie satellitaire est biaisée par la présence de substances jaunes masquant le signal observé. Néanmoins, ces mêmes évènements ont également été détectés à la station Rimouski par des méthodes indépendantes. De fortes variations interannuelles dans la séquence de floraison font en sorte que les rorquals bleus empruntent un circuit variable qui se modifie selon les pics régionaux de floraison du phytoplancton.

- On demande des précisions sur les pics de chlorophylle *a* qui jouent un rôle sur la productivité de la région, mais aussi pour rendre le krill plus accessible en surface pour les rorquals sur une échelle de temps plus ponctuelle; cependant, cela les exposerait à une évacuation en dehors de l'estuaire. En effet, les observations des agrégations de krill et de baleines changent sur un court laps de temps, les concentrations étant peu déplacées pendant quelques jours et ensuite transportées en dehors du système. On précise que la réponse pourrait être obtenue à l'aide de modèles en prenant en compte le krill en surface la nuit. Par contre, une analyse de déplacements par les courants semi-diurnes couplés à la DVM a démontré le contraire. On rapporte des pics de fréquentation de rorquals bleus enregistrés au moyen d'hydrophones sur une dizaine de jours à la fin août ainsi qu'un autre pic vers la mi-septembre. On confirme que l'observation anecdotique d'un groupe de huit individus a été rapportée au cours de cette période près du Cap du Bon Désir. Ceci

---

confirme les observations des relevés systématiques des mammifères marins qui ont été présentées.

### **3.4.2 Interactions trophiques : modèle simplifié de l'écosystème (C. Savenkoff)**

M. Claude Savenkoff présente les fondements théoriques de ses travaux en cours visant à produire un modèle simplifié des interactions trophiques à l'intérieur de l'écosystème. L'état d'avancement des travaux ne permet pas de présenter des résultats dans le cadre de l'atelier, cependant ils seront disponibles dans le document de recherche. M. Savenkoff présente les composantes importantes de l'écosystème et les paramètres qui seront estimés par le modèle. Les données intégrées dans le modèle visent à représenter les interactions à tous les niveaux trophiques de l'EMSL regroupant ainsi 40 compartiments : six groupes de mammifères marins, un groupe d'oiseaux marins, 17 groupes de poissons, 14 groupes d'invertébrés, un groupe de phytoplancton et un groupe « détritus ». Si l'on considère la biomasse disponible dans l'ensemble du système, le zooplancton représente une proportion de plus de 90 % lorsque les invertébrés benthiques, le phytoplancton et les détritus ne sont pas comptabilisés. En se basant sur l'information disponible (analyses de contenus stomacaux et revue de littérature), M. Savenkoff présente une estimation de la prédation potentielle sur *T. raschii* et *M. norvegica* par les principales espèces d'invertébrés, de poissons, d'oiseaux et de mammifères marins de l'EMSL. La proportion de chacune des deux espèces de krill dans l'alimentation des différentes espèces étudiées dans l'EMSL représente en moyenne 6 % (12 % en tout) ; le capelan et les crevettes représentent en moyenne 6 % et 10 %. Les prédateurs des deux espèces de krill et donc les compétiteurs avec le rorqual bleu pour cette ressource sont situés à tous les niveaux du réseau trophique ; les principaux prédateurs sont les autres espèces du macrozooplancton, le capelan, le grand amphipode hypéridé *T. libellula* et les crevettes. La prédation potentielle totale de chacune des deux espèces de krill est inférieure aux valeurs de production estimées pour *T. raschii* et *M. norvegica*. Ainsi, même si la compétition est présente à tous les niveaux, la ressource en krill ne semble pas être limitante dans l'EMSL. Le phytoplancton et les détritus, dont se nourrit principalement chacune des deux espèces de krill, sont également disponibles en quantité suffisante dans l'EMSL.

M. Savenkoff annonce que la modélisation écosystémique en cours devraient permettre de valider ces premières constatations en tenant compte des contraintes écotrophiques et des besoins métaboliques des espèces étudiées ainsi que de la mortalité naturelle autre que la prédation et des possibilités d'export du système. Les résultats devront être validés par les nombreux collaborateurs impliqués dans le projet. Un rapport technique est en cours de rédaction afin de décrire les données, la structure du modèle et les liens trophiques importants reliant les principales espèces dans l'EMSL pouvant influencer les interactions rorqual bleu-krill.

- On demande si les juvéniles et adultes de capelan peuvent être séparés en deux catégories de prédateurs. On répond par la négative, car cela augmenterait le niveau d'incertitude du fait du manque d'information sur la biomasse et sur la distribution de la prédation sur ces deux classes. Quelques soient les espèces, il est très difficile de distinguer les juvéniles des adultes dans les contenus stomacaux. Également, le krill n'est pas souvent identifié à l'espèce dans ces analyses.
- On demande si les contraintes du modèle induisent par défaut une prédation inférieure à la production du système. Le modèle aurait-il pu faire état que la prédation est supérieure à la production? Dans les résultats présentés, c'est la

---

prédation potentielle qui est calculée; elle aurait donc pu être supérieure à la production (pas de contraintes). Pour le futur modèle, le processus a un fort potentiel adaptatif et l'absence de solution pourrait suggérer une prédation supérieure à une production pour une espèce étudiée.

- On s'informe sur les espèces associées au grand et petit krill dans le modèle et sur le fait qu'un individu juvénile de *M. norvegica* pourrait être répertorié dans la catégorie grand krill. M. Savenkoff souligne que l'appellation grand et petit krill a été utilisée à des fins de vulgarisations, les espèces étant considérées comme *T. raschii* (petit krill) et *M. norvegica* (grand krill). On observe que la proportion de mésozooplancton ingéré par *M. norvegica* est peu élevée. On répond que pour l'alimentation du krill, les données ne sont pas locales et que les valeurs moyennes calculées proviennent d'études sur d'autres écosystèmes.
- On demande des précisions quant à la consommation par le rorqual bleu qui se chiffre à environ 0,45 t km<sup>-2</sup> à l'échelle de l'estuaire. On explique le fondement du calcul.

### 3.5 VULNÉRABILITÉ DU SYSTÈME : INFLUENCES CLIMATIQUES ET/OU ANTHROPIQUES

#### 3.5.1 Le bruit et la navigation (Y. Simard)

M. Yvan Simard présente ses travaux sur le thème de l'intensité du bruit associé à la navigation dans l'EMSL. En raison de son omniprésence dans les écosystèmes marins, le bruit constitue une préoccupation à l'échelle mondiale qui touche l'ensemble des écosystèmes marins. Généré par une industrie à croissance rapide, des travaux récents soutiennent que les niveaux de bruit dans les océans auraient doublé tous les dix ans depuis le début des années 1960. Une groupe de travail de l'IMO (International Maritime Organization) a proposé un objectif de réduction de ce bruit d'un facteur deux en dix ans et d'un facteur dix en 30 ans.

Le bruit de la navigation est fonction du type de bateau et de son système de propulsion, et origine principalement de la machinerie et de la cavitation de l'hélice. Le spectre des fréquences acoustiques de ce bruit est large, plusieurs dizaines de kHz, et le maximum est concentré dans les basses fréquences sous 100 Hz. Aux fréquences supérieures à quelques centaines de Hz, la contribution relative d'autres sources telles que la pluie et le vent augmente.

M. Simard présente un résumé de divers travaux réalisés dans l'EMSL au cours des dernières années à l'aide de systèmes autonomes d'enregistrement sur de longues durées (AURAL), dont une série temporelle d'un an récoltée dans le cadre de l'IRÉ au centre de l'estuaire (pour les détails techniques, voir Simard *et al.*, 2010; 2008a; 2008b; Simard et Roy, 2008).

En aval de l'estuaire, à Matane, la médiane du niveau de bruit SPL<sub>[20-900 Hz]</sub> estimée de la mi-mai à la mi-octobre au fond du chenal est de 112 dB re 1 µPa rms (Simard *et al.*, 2010). L'enveloppe des valeurs s'étend sur une plage de quelques 40 dB (Simard *et al.*, 2010). La distribution en fonction des fréquences (c'est-à-dire les densités spectrales par Hz) révèle bien la dominance du bruit par la navigation sous 200 Hz. L'enveloppe des spectres couvre 60 dB à 10 Hz et 40 dB à 1000 Hz. Des pics correspondant à des fréquences particulières excèdent la borne supérieure de cette enveloppe moyenne par 10 à 20 dB, et correspondent à des bruits particuliers émis par certains navires en transit. La distribution des spectres est



---

relativement symétrique et la médiane suit la référence de Wenz pour les régions de trafic élevé dans les océans; le bruit au fond de la voie maritime est plus élevé que cette référence 50 % du temps. Un modèle de propagation acoustique a été utilisé pour estimer l'effet de la profondeur de mesure et la courbe de correction permettant d'estimer les valeurs du bruit à n'importe quelle profondeur. Ces travaux indiquent que le bruit serait de 10 à 20 dB supérieur à celui mesuré au fond aux profondeurs entre 20 et 200 m où on retrouve les concentrations de krill et où les rorquals sont susceptibles de s'alimenter (Simard *et al.*, 2010).

Au centre de l'EMSL, au large de Baie des Sables, les caractéristiques du bruit sur 12 mois présentent un patron assez semblable à celui de Matane décrit ci-dessus. L'enveloppe est légèrement plus large parce que des moments de niveaux de bruit plus faibles que les plus faibles à Matane ont été enregistrés. La distribution des spectres de bruit suit celle de Matane aux fréquences inférieures à 100 Hz, mais elle diffère aux fréquences supérieures. Les raisons de cette différence sont en investigation, notamment l'absence de mesures en période hivernale à Matane, la contribution accentuée du vent au bruit en période d'eau libre, et les différences saisonnières dans les conditions de propagation.

Dans la région amont de l'EMSL, une analyse des mesures effectuées à un réseau de stations composant un observatoire acoustique au pourtour du chenal Laurentien réalisés en 2004-2005 à des profondeurs de 100-150 m est en cours. Une analyse par groupement hiérarchique des distributions spectrales aux différentes stations de l'observatoire indique un gradient décroissant amont-aval dans ce secteur où le chenal Laurentien se rétrécit par un facteur deux. Cependant, ce gradient de bruit observé pourrait aussi dépendre de la position des stations de l'observatoire par rapport au corridor de navigation. Une investigation est planifiée pour examiner cet aspect.

M. Simard présente des analyses préliminaires de la relation entre le niveau de bruit dans les bandes de fréquences les plus affectées par la navigation et l'intensité du trafic. Les résultats préliminaires montrent une corrélation élevée à l'échelle hebdomadaire. Le niveau de trafic dans la voie maritime est assez constant à l'année longue, bien que plus faible en hiver. Les conditions de propagation de bruit sont alors différentes et cet aspect doit être investigué d'abord avant de conclure à une relation du bruit de navigation avec des métriques simples globales comme le trafic, le tonnage transité, etc.

Le travail sur le bruit de la navigation effectué ainsi qu'une revue préparée pour le MPO ont permis de faire ressortir que l'EMSL constitue un endroit idéal pour instaurer un réseau d'écoute de la flotte marchande internationale pour un suivi de l'état de la situation et pour cerner les facteurs à optimiser pour mitiger l'effet du bruit de la navigation afin d'atteindre les objectifs proposés par l'IMO pour la problématique mondiale. Le trafic maritime y est constant avec le passage d'environ 20 bateaux par jour, lesquels sont séparés d'une distance suffisamment grande pour permettre d'enregistrer leur signature acoustique individuelle. La profondeur du bassin de propagation (~ 300-350 m) et sa largeur de plus 25 km sont d'autres facteurs liés à la propagation acoustique qui contribuent à en faire un milieu idéal.

- On demande, concernant la figure qui montrait une relation linéaire entre le nombre de navires et l'intensité sonore en dB, si celle-ci était physiquement possible étant donné que l'énergie sonore double avec chaque augmentation de 3 dB, et que le nombre de navires devrait donc doubler. Cela suggère une relation logarithmique entre l'intensité sonore et le nombre de navires plutôt qu'une relation linéaire. On

---

répond que c'est à examiner et que les changements saisonniers dans les conditions de propagation devraient être pris en compte.

- On demande si le nombre de bateaux constituerait un indicateur de mesure du bruit suffisant. On répond que dans le corridor de la voie maritime, une relation a été observée entre les bruits de la navigation enregistrés et le trafic maritime de la garde côtière. Cependant, pour être davantage représentatif, l'indicateur devrait inclure les caractéristiques des bateaux composant la flotte, la contribution des autres bateaux actifs pendant l'été et non recensés par la garde côtière et les différences saisonnières de propagation du bruit.
- On demande, dans le contexte de l'EMSL, si la menace par le bruit est réelle ou si les collisions avec les navires constituent un risque plus important. On confirme que la voie maritime est bruyante au-delà du niveau de référence pour une région de trafic élevé. À la longue, il est possible que cela affecte les activités des rorquals en perturbant leur capacité à entendre et à communiquer. Des variables sont proposées pour étudier le problème de masquage, telles que la réduction de la portée de la propagation en condition de bruit par rapport aux conditions naturelles et la réduction de l'espace de communication par le bruit de la navigation. Par exemple, dans une zone à l'étude présentement dans le PMSS, l'espace de communication du béluga serait réduit à quelques pourcents par rapport aux conditions naturelles.
- On demande si le renouvellement à venir de la flotte de porte-conteneurs destinée à rendre le transport plus efficace et rentable va permettre de diminuer le niveau de bruit. On répond que l'on ne sait pas si les nouveaux bateaux seront moins bruyants, mais d'après les statistiques sur la flotte mondiale, le nombre de bateaux, donc de sources, augmente aussi. En conséquence, pour faire de telles prédictions, il faudrait mettre en relation les caractéristiques des bateaux et le bruit mesuré.
- Un intervenant qualifie d'alarmiste la situation présentée. Il précise que l'évolution du trafic maritime a démontré une stabilité depuis les 20 dernières années. De plus, les enregistrements effectués mesurent le bruit au cœur de la voie maritime, en profondeur, ce qui n'est pas considéré comme l'habitat des mammifères marins qui sont plus près du bord, où les niveaux de bruits sont différents. On répond que la présentation n'a rapporté que ce qu'on trouve dans la littérature et des faits sur des mesures effectuées sur de longues périodes dans l'EMSL. Comment on veut qualifier ces faits est personnel et la présentation n'a aucune prétention à ce sujet. Pour la nature des enregistrements, on répond que, de façon objective, le bruit est élevé et qu'il faut utiliser un modèle de propagation pour évaluer les niveaux à des endroits différents des points de mesure, comme cela a été fait, et que les appareils placés directement sur le rebord du chenal où les rorquals s'alimentent ont aussi mesuré des niveaux de bruit élevés. Une modélisation du bruit dans tout l'EMSL serait intéressante, mais complexe.

### **3.5.2 État océanographique physique durant l'IRÉ et perspectives à long terme** **(P.S. Galbraith)**

M. Peter S. Galbraith présente les conditions océanographiques physiques observées entre 2007 et 2010 dans l'estuaire, notamment : les débits, la stratification, la circulation estuarienne, les températures de surface et la CIF ainsi que les conditions à long terme. Le débit mesuré à Québec est associé aux précipitations. Il était réduit en 2007, marqué par l'abondance de pluie en 2008, et par des conditions moyennes en 2009. Les rivières se déversant dans l'estuaire présentent un patron similaire. L'effet du débit est considérable sur la stratification de l'estuaire, laquelle était normale pendant la période de l'IRÉ, sauf en 2008

---

où l'effet a été très fort. L'indice moyen de stratification de mai à novembre issu du PMZA a atteint un record en 2008 depuis 1991.

M. Galbraith décrit la relation directe qui existe entre le débit et la circulation estuarienne et la stratification. Par conservation de sel, le débit fluvial qui se mélange aux eaux salées entraîne un transport aval de sel en surface qui doit être compensé par un courant d'eaux plus salées vers l'amont en profondeur : c'est la circulation estuarienne qui amplifie le transport fluvial. Moins l'estuaire est stratifié, plus l'estuaire amplifie le débit en transport d'eaux salées en aval dans la couche de surface et en amont dans la couche de fond. S'il n'a pas de débit fluvial, il ne peut y avoir de circulation estuarienne. Par contre, si le débit est grandement augmenté, la salinité de surface diminue et la stratification augmente au point où les eaux douces peuvent alors « glisser » sur les eaux plus salées, avec un mélange vertical et une amplification estuarienne réduits sensiblement. C'est ce qui se passe dans la modélisation NEMO-OPA lors de la crue printanière alors que le transport estuarien est moindre qu'en été en dépit de l'augmentation du débit.

La variabilité de la circulation estuarienne des dernières années dans cette modélisation peut être utilisée pour considérer les scénarios possibles de changement climatique. L'effet est complexe puisqu'il passe par la stratification et que même les prévisions à long terme du débit sont incertaines, partiellement à cause de l'incertitude sur l'évaporation (voir par exemple Angel et Kunkel; 2010). Par exemple, lors d'un hiver doux, la neige ne s'accumule pas et l'eau s'évapore beaucoup avant le printemps. Cependant, la variabilité des débits observés durant les cinq dernières années recouvre une bonne partie de la plage des débits possibles dans les scénarios de changements climatiques et pourrait servir de guide pour les changements à venir.

M. Galbraith décrit les caractéristiques de la température de la couche de surface. Il explique comment elles sont corrélées à la température de l'air à l'échelle du GSL, mais pas à l'échelle de l'estuaire où elles dépendent du mélange et de la circulation estuarienne, rendant difficile sa prévision à long terme dans l'estuaire dans un scénario de changement climatique. Il parle ensuite de la CIF, caractérisée par une épaisseur et une température minimale qui varient entre les années. La CIF se forme dans le golfe et remonte dans l'estuaire. Il existe une corrélation positive entre la CIF de l'estuaire et du golfe. Les caractéristiques de la CIF dans le golfe sont corrélées à la température de l'air hivernale. Ce lien permettrait l'utilisation de prévisions de changement climatiques de la température de l'air pour en estimer l'effet sur la CIF dans des scénarios.

- On demande si le lien entre la température et la CIF concernait la température de la CIF ou son volume, précisant que lorsque la CIF est plus froide, elle occupe alors un plus grand volume. M. Galbraith répond que la relation montrée était avec le volume, mais que la corrélation était presque aussi bonne à plus long terme entre la température de l'air et la série du minimum de température de la CIF de Gilbert et Pettigrew (1997). Il précise que ces relations sont cependant basées sur des observations océanographiques hivernales faites de 1996 à 2009 où la couche de surface a toujours été près du point de congélation, mais où son épaisseur était sujette à variation. Il réfère alors à la situation observée lors des conditions hivernales record de 2010 où la couche de surface hivernale était d'une épaisseur comparable à l'année précédente, mais à une température de l'ordre de 1° C au-dessus du point de congélation. Ces données indiquent une évolution différente de la couche de surface hivernale qu'il sera possible d'observer lors de scénarios de changements climatiques et qu'il faut donc bien les comprendre.

---

### **3.5.3 Influence du climat océanique de l'Atlantique nord-ouest sur la température, la salinité et l'oxygène dans les eaux profondes de l'EMSL (D. Gilbert)**

M. Denis Gilbert présente les résultats de ses travaux issus de l'analyse d'une longue période (1932-2010) de données de température, de salinité, d'oxygène dissous et de pH. Les conditions des eaux profondes rencontrées dans l'EMSL tirent en partie leur origine du nord-ouest de l'océan Atlantique. Depuis les années 1930, on observe une baisse d'oxygène accompagnée d'une hausse de température. M. Gilbert discute des conditions observées au cours de la période de l'IRÉ (2008-2010). Il précise la définition opérationnelle de l'hypoxie à 30 % de saturation. Les centres de masse de *T. raschii* (200 m) et *M. norvegica* (150 m) se situent en haut de la zone sujette à l'hypoxie, ce qui n'exclut pas la possibilité que cela soit un évitement volontaire des organismes. L'acidification dans la zone 170-335 m origine de l'ajout en CO<sub>2</sub> qui fait baisser le pH. Cela induit un stress sur les organismes lié à l'effet de dissolution de la calcite et de l'aragonite.

M. Gilbert explique le système de ventilation des eaux. L'estimation du pCO<sub>2</sub> atmosphérique a révélé que la dernière ventilation des eaux au fond de l'estuaire au large de Rimouski datait de 1987. Les eaux profondes de l'estuaire proviennent d'un mélange d'eaux en provenance du courant du Labrador et de la partie nord de la gyre subtropicale à quelques centaines de kilomètres à l'ouest de la France. M. Gilbert décrit la ventilation par diffusion par le système de la gyre subtropicale du Gulf Stream. Ce processus par ventilation diffusive s'échelonne sur une période d'environ 14 ans pendant laquelle les eaux s'enfoncent de plus en plus profondément. Le calcul du temps de propagation du signal de la température dans le chenal Laurentien a établi une corrélation significative entre des séries temporelles de température à l'embouchure du chenal et dans le détroit de Cabot pour des décalages entre zéro à deux ans et un décalage de trois ans au niveau de l'estuaire. La corrélation entre la série temporelle de température du détroit de Cabot et celle du nord-ouest du golfe est maximale avec un décalage de deux ans (entre un à trois ans), ce qui suggère une vitesse de transport moyenne de 1 cm s<sup>-1</sup>. M. Gilbert discute des difficultés de modéliser correctement la gyre coincée entre le nord du Gulf Stream, le sud-est de la Nouvelle-Écosse et les Grands Bancs de Terre-Neuve. Elle présente de nombreux méandres rendant hasardeux l'estimation des volumes entrants et de la contribution des différentes masses d'eau. M. Gilbert expose différents types de récolte d'information dans le système, tels que les profileurs Argo qui mesurent la température et la salinité dans les océans aux dix jours et les informations recueillies au moyen de la paléo-océanographie. M. Gilbert rapporte que l'étude des foraminifères benthiques au centre du GSL a révélé la présence de deux espèces, une espèce d'eau froide et une espèce d'eau plus chaude dont la dominance est récente. De récents travaux en paléo-océanographie par Thibodeau *et al.* (2010) ont montré qu'entre les années 1100 à 1900, les eaux du fond étaient plus froides qu'actuellement d'environ 2 °C. Les eaux chaudes actuelles sont donc sans précédent depuis près d'un millénaire.

En résumé :

- Un réchauffement important est observé depuis 1930 de l'ordre de 1,5 à 2 °C dans le GSL et dans les eaux profondes de l'estuaire.
- Les températures observées à l'embouchure du chenal Laurentien permettent d'anticiper les changements de température dans le GSL et l'EMSL.
- Une étude plus poussée sur la propagation des signaux de température dans les chenaux profonds est à venir.



- L'analyse des données Argo de température et de salinité démontre l'action de recirculation de la gyre au nord du Gulf Stream.
- On demande si la majeure partie de l'hypoxie et de l'acidification des eaux profondes sont le résultat de conditions atmosphériques au large de l'Europe il y a 18 ans. On répond par la négative. Ce qu'on voit il y a 18 ans, c'est le contenu en  $pCO_2$  dans les masses d'eau. Il est demandé combien de temps prendrait un changement dans les conditions actuelles pour se répercuter sur l'hypoxie et l'acidification des eaux de l'estuaire. On précise que s'il y avait un changement important dans la convection au large de l'Europe présentement, le temps estimé pour des répercussions dans l'EMSL est d'environ 20 ans. Ce temps serait plus court, de l'ordre de moins de deux ans pour se rendre à l'embouchure du chenal Laurentien, si le changement avait lieu dans la région du courant du Labrador.
- On apporte un complément d'information quant à l'effet possible de l'hypoxie sur le krill. On rapporte qu'une étude sur l'espèce *M. norvegica* a montré un fort taux de mortalité au bout d'une exposition de deux heures à un niveau de 30 % de saturation d'oxygène, des mortalités massives à 20 % de saturation accompagnées d'un taux de consommation d'oxygène inférieur au métabolisme standard. Donc dans l'estuaire, l'oxygène pourrait limiter la profondeur de l'habitat du krill.
- On demande si *M. norvegica* pris dans un environnement autre que l'EMSL pourrait se distribuer plus profondément que 200 m le jour. On répond qu'il faudrait fouiller la littérature pour examiner la distribution en fonction de la profondeur de *M. norvegica* dans des environnements marins plus riches en oxygène que l'EMSL.

### **3.5.4 Tendances temporelles (1994-2009) de la contamination du krill par les polluants organiques persistants dans l'estuaire du Saint-Laurent (M. Raach pour M. Lebeuf)**

Mme Meriem Raach, remplace M. Michel Lebeuf pour cette présentation. Elle décrit les tendances temporelles observées dans la contamination du krill par des polluants organiques persistants. Le krill qui constitue la nourriture de base dans le système est exposé à une variété de contaminants anthropiques. Mme Raach présente le protocole de recherche adopté sur les échantillons disponibles de 1994-2008. Il a été testé que la conservation dans le formol ou par congélation n'ont pas eu d'effet sur la concentration en polluants organiques des échantillons. Mme Raach rapporte que la concentration en lipide fluctue entre les années. Le krill accumule des réserves lipidiques quand la nourriture est abondante et les utilise ultérieurement. Au niveau des tendances temporelles, il est observé que la présence de BPC dans le krill diminue significativement, l'usage des BPC étant réglementé depuis 30 ans. Ces polluants organiques ont cependant un cycle lent et persistent dans le gras des bélugas pour environ 15 ans. Une diminution est également observée pour le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) qui a la propriété de se transformer. Les hexachlorobenzène (HCB) provenant des solvants chlorés ne démontrent pas de tendance temporelle, mais cette source de polluant est peu rejetée dans le système. La contamination par les PBDE a d'abord présenté une diminution suivie d'un plateau depuis 2000. En terminant, l'entreposage n'affecte pas la mesure des concentrations de polluants organiques persistants dans le krill. La tendance observée de la contamination par les polluants organiques persistants (POP) dans le krill est généralement à la baisse dans l'EMSL sauf pour les HBC. Le krill pourrait être un indicateur du niveau de contamination du système.

- On s'interroge sur le choix de l'espèce sur laquelle l'étude a été réalisée. Il est à considérer que le choix a été limité par ce qui était disponible dans le formol. À noter

---

que les contenus lipidiques proviennent de collectes en septembre et novembre respectivement pour les échantillons de 2003 et 2004. On souligne que l'indice de condition des organismes est influencé par la date d'échantillonnage et la composition en âge des populations.

- On réfère au format des graphiques présentés pour la série temporelle. On suggère de faire la moyenne pour les années où il y a plusieurs réplicats. La présence de plusieurs points pour certaines années (2002, 2007, 2009) est sujette à une interprétation erronée. On propose également d'ajouter la barre d'erreur aux figures présentées.
- On demande si une relation entre les contaminants et la quantité de lipide a été observée. On répond par la négative.
- On souligne les cas de points sous la courbe (2002, 2007, 2009). On constate que pour ces années-là, le pourcentage de lipide était plus élevé et qu'il faudrait donc tenir compte de l'effet du pourcentage de lipide avant de calculer une régression. On rappelle que lorsque l'indice de condition diminue, l'organisme est susceptible de concentrer les contaminants.

En prévision de la journée de discussion du lendemain, M. Savenkoff rappelle les enjeux propres à ce thème.

### **3.6 SYNTHÈSE GÉNÉRALE DES DEUX JOURS – PROPOSITIONS POUR L'INTÉGRATION 'FINALE' ET PRÉPARATION D'UN AVIS DES SCIENCES**

M. Gagné rappelle que l'objectif des discussions est de s'assurer que l'ensemble de l'information nécessaire aux gestionnaires responsables des prises de décision soit contenu dans les documents de recherche à la base des avis scientifiques.

M. Savenkoff initie la discussion en rappelant les besoins soulevés à l'origine de l'IRÉ:

- Indicateurs écosystémiques et suivis des populations
- Habitats fréquentés et habitats essentiels pour les grands cétacés
- Description des besoins des rorquals (ressources alimentaires et interactions trophiques)
- Pressions anthropiques
  - Navigation
  - Dérangement
  - Collision

La parole est donnée aux personnes impliquées dans les prises de décision afin qu'elles aient l'occasion d'obtenir éventuellement plus de précision et d'information sur certains points. Il est suggéré de faire une synthèse des résultats présentés pour dégager les grandes conclusions et les points saillants.

- Les « décideurs » précisent que beaucoup d'informations intéressantes et pertinentes ont été présentées pendant les deux jours précédents. Ils manifestent leur intérêt envers une discussion du système global afin d'en avoir une meilleure compréhension. Ils mentionnent qu'un certain nombre d'éléments présentés dans le cadre du thème sur le rorqual bleu concernent également le béluga. Ils suggèrent de relier d'une certaine façon les deux exercices.

- Il est proposé de modifier la structure de la discussion en débutant par une mise au point sur les besoins de l'espèce et ensuite sur son habitat, puis de s'intéresser aux questions de la navigation et des indicateurs écosystémiques.

M. Gagné dirige la discussion vers les « décideurs » présents dans l'assemblée. Il les incite à identifier ce qu'ils veulent retrouver dans l'avis scientifiques.

- Ils s'expriment sur leurs attentes. On identifie que dans le cadre de la ZPM, il est question de protéger la ressource alimentaire et l'habitat du rorqual bleu et que cela nécessite des indicateurs. On exprime la difficulté de cibler ce qui doit être suivi comme indicateurs au vue de la quantité d'informations présentées; par exemple faut-il étudier le volume de la CIF pour savoir si le krill a la possibilité de rentrer ou directement le krill en tant que tel, pour savoir s'il est présent?
- On souligne que des indicateurs potentiels ont été identifiés, comme par exemple le potentiel de transport du krill avec la valve, la modélisation et l'incidence des variations saisonnières dans le système; ils pourraient être estimés avec les suivis routiniers des conditions physiques du milieu.
- On insiste sur le fait que ces indicateurs n'ont pas été clairement définis.
- On ajoute que concernant le suivi des populations de krill, peu de suivis ont été effectués. Les missions initiées par M. McQuinn pourraient éventuellement être utilisées comme indicateurs si elles sont effectuées annuellement.
- On mentionne que dans le cas où on opérerait pour un indicateur utilisant les relevés acoustiques, il conviendrait de définir le moment le plus approprié et l'étendue du territoire à couvrir. On souligne que l'on dispose à ce jour de trois années de données (2008 à 2010) et des relevés sont prévus pour 2011. L'étude complète de la série pourrait permettre de définir si c'est un bon indicateur global du système.
- On souligne l'importance de regarder le système de façon globale étant donné les mécanismes de transport de la ressource qui existent au sein du système occasionnant des variabilités spatiales dans l'abondance. Ainsi, une diminution dans les ressources à l'intérieur du PMSS ne serait pas nécessairement un signe de mauvaises conditions prévalant dans le parc, mais pourrait résulter de meilleures conditions présentes ailleurs. Un indicateur renseignant sur les conditions uniquement à l'intérieur du PMSS ou de la ZPM mènerait donc à de fausses conclusions. Dans un tel contexte, le système doit être suivi dans son ensemble en considérant la connectivité entre l'EMSL et le nord-ouest du golfe.
- Dans le contexte où la dynamique du système est influencée par ce qui se passe à l'extérieur de l'EMSL, on suggère un indicateur basé sur le nombre de jours où la valve serait fermée et/ou ouverte couplé à un monitoring de production d'œuf et à des relevés acoustiques. Ce genre d'indicateur du potentiel que représenterait l'estuaire en termes de ressource serait relativement simple à faire. Les « décideurs » expriment des réserves étant donné les difficultés d'interprétation dans un système qui, à la lumière des résultats présentés par M. Galbraith, tend à se rééquilibrer continuellement. On répond que l'indicateur suggéré pourrait quand même être utilisé comme un indice de base de fonctionnement du système. La modélisation indique que le mécanisme de valve fonctionne de façon assez régulière et malgré la difficulté de prédire l'évolution du système, le mécanisme fondamental d'échange entre le GSL et l'estuaire n'est pas remis en question.
- On ajoute que des années supplémentaires de données issues des mouillages vont être prochainement analysées, ce qui va compléter une série de trois ans de validation pour la simulation des courants. Une validation au niveau de l'estuaire va

---

aussi être effectuée. Les données récoltées dans le cadre du PMZA permettront de faire des simulations sur l'année 2010 à des fins de validation. Environnement Canada rendra éventuellement disponibles des sorties de modèle de prévisions atmosphériques saisonnières.

- Un intervenant insiste sur le fait que le mécanisme de valve a clairement été démontré et est d'avis que les résultats présentés par M. Galbraith ne sont pas inquiétants, car ceux-ci ne concernaient que notre habilité à réaliser des prévisions à long terme de scénarios de changement climatiques, et non pas notre capacité de monitoring.
- On se questionne à savoir comment l'indicateur proposé peut être interprété comme une tendance de changement ou de stabilité du système pour savoir à quel moment, des actions doivent être mises en place. On mentionne que l'indicateur proposé était plus un indicateur d'état qu'un indicateur de performance.
- On souligne que la validation du modèle physique par des données de mouillages acquises dans le cadre de l'IRÉ est une première permettant d'avoir confiance dans le mécanisme de valve étudié. On précise que l'indice basé sur les œufs de krill devra être comparé à d'autres choses (par ex. l'achalandage de rorquals dans le système entre les années) pour confirmer son utilisation comme indice.
- On relance la discussion sur un indicateur en lien avec le nombre de jours où la valve est ouverte et/ou fermée et la signification de cet indicateur par rapport au système.
- Les participants reconnaissent la valve comme un potentiel d'entrée du krill dans l'estuaire à la condition que le krill soit présent. On constate que la dynamique de population du krill n'est pas bien comprise. Un participant met en garde de se concentrer uniquement sur la valve et expose sa vision du système de transport global de type convoyeur. Il précise que la rétention ou non du krill dans l'estuaire repose également sur d'autres éléments comme le comportement, le développement ontogénique, ce qui se passe au niveau de la chaîne alimentaire, la condition du krill et des floraisons phytoplanctoniques.
- Un certain consensus entre les participants est constaté. Pour que le krill soit présent dans l'EMSL, il est nécessaire d'avoir un mécanisme de transport dans l'EMSL, la présence de krill à la bonne profondeur et des mécanismes de rétention ou d'exportation de ce krill en dehors de l'estuaire. Il est suggéré qu'en plus de l'indicateur d'état de la valve, d'ajouter un indicateur sur la présence de l'une ou l'autre des deux espèces de krill dans la couche d'eau entrante dans l'EMSL. Selon l'indice de chevauchement et la probabilité de transport constante sur l'année, le krill est davantage susceptible d'être transporté entre juin et septembre. Les conditions optimales prévalent en août et en septembre. L'intervenant constate la complémentarité entre une augmentation du potentiel du krill à rentrer dans la couche entrante et une augmentation de la proportion du temps que cette couche est entrante. Il souligne la nécessité d'un ou deux indicateurs qui observent les deux parties du système. Il souligne que les présentations des deux derniers jours ont permis d'avoir une vision plus claire de l'ensemble des processus impliqués pour que les rorquals soient présents dans le système et d'apporter des éléments permettant de mieux comprendre la présence du krill dans l'estuaire ou ailleurs certaines années. Il propose de dresser une liste de ces éléments susceptibles de créer une variation interannuelle comme le recrutement du krill avec l'indice sur les œufs, les vents qui influencent la valve, le débit qui a un impact sur la circulation estuarienne ainsi que sur le comportement du krill dans la colonne d'eau, les floraisons de phytoplancton qui influencent la présence de krill en surface l'exposant à l'exportation en dehors de l'estuaire. Il précise que l'on dispose de suffisamment de pistes pour aller chercher



---

des indicateurs, non pas de l'état de santé de l'écosystème, mais de l'accessibilité du krill pour les rorquals dans le système.

- On exprime le besoin d'avoir une validation des indicateurs. On soulève que lors de l'atelier visant la mise en place d'une ZPM Estuaire, il était question de savoir si le krill était présent en quantité suffisante dans le système. On demande si le nombre d'œufs de krill pourrait être utilisé à cette fin. On précise que l'indice d'abondance des œufs n'est pas un indice du niveau de biomasse du krill dans le système, mais de sa présence. Cet indicateur renseigne sur la variation relative interannuelle. Actuellement, l'acoustique est la méthode qui permet d'obtenir des estimations de l'abondance de krill.
- On précise que, dans le cadre de la ZPM de l'Estuaire, l'objectif est de protéger les mammifères marins. On explique la nécessité de maintenir des conditions favorables à la présence des baleines et l'efficacité des mesures directes de gestion sur les baleines. Il est donc nécessaire de savoir si les baleines sont absentes parce que le krill est absent et pourquoi il est absent.
- On fait le point sur le suivi de l'abondance du krill. Les recommandations en regard de ce suivi doivent considérer la combinaison de deux choses : (1) la valve, incluant le volume d'eau qui entre, la durée du mode entrant, le contenu en krill; et (2) la distribution spatiale et surtout verticale du krill.
- On insiste sur le fait que l'absence de rorquals bleus dans l'estuaire n'indique pas nécessairement des conditions défavorables, mais peut-être que des conditions aussi ou plus favorables à l'interaction krill-rorqual bleu existent ailleurs. Un suivi exclusif à l'estuaire risque d'être limitant quant à l'explication de l'absence de baleine. Un suivi incluant le nord-ouest du golfe aura l'avantage d'apporter de l'information sur l'ensemble du système et demeure accessible financièrement.
- On discute la question financière en lien avec le traitement des données acoustiques pour en déterminer la faisabilité sur une base de suivi annuel.
- On soulève le point que dans l'optique de répondre dans un court délai aux besoins des gestionnaires de la ZPM, les indicateurs d'état sont davantage accessibles que ceux de performance. L'identification d'indicateurs de performance nécessite des connaissances des processus biologiques et facteurs qui influencent la ressource. Dans un premier temps, il convient de suivre les populations.
- On insiste sur l'importance de considérer les caractéristiques du comportement alimentaire des rorquals bleus dans les indices. La relation rorqual bleu-krill est beaucoup plus complexe qu'elle n'y paraissait avant l'IRÉ. Les éléments nouveaux suggèrent que l'accessibilité de la nourriture (krill en surface) est un paramètre important, indépendamment de la densité. Expliquer le choix des sites d'alimentation est plus complexe et nécessite de suivre la migration verticale et d'étudier les essaims de surface. On ajoute que dans une perspective d'estimation de l'abondance, les deux éléments vont de pair. Il s'avère indispensable de disposer à la fois d'un indicateur d'abondance du krill et du rorqual bleu pour pouvoir comprendre les variations d'abondance des baleines.
- On précise que dans le contexte où deux ministères (MPO et Parcs Canada) sont responsables de la protection des mammifères marins, l'estuaire avait été identifié comme habitat crucial pour ces animaux et ainsi, il convient de déterminer si les baleines disposent d'un habitat adéquat pour se nourrir à leur arrivée. À la lumière des informations fournies, il apparaît que les rorquals bleus utilisent avec succès également d'autres endroits.
- On se questionne sur la nécessité d'inclure tous les éléments. Elle précise qu'il serait peut-être plus adéquat de disposer d'un indice plus grossier qui établit s'il y a de la

---

nourriture dans le système. On précise que certains éléments peuvent expliquer l'absence des baleines bleues dans le cas où toutes les conditions favorables étaient réunies, les rorquals pouvant s'alimenter ailleurs.

- On présente des faits saillants du programme de rétablissement du rorqual bleu relevant de la *Loi des Espèces en Périel*. Les objectifs établis visent à mieux comprendre les processus physiques, à élaborer des relevés davantage axés sur le volet multidisciplinaire, à estimer l'abondance du krill en lien avec la présence de rorquals bleus, à identifier les zones d'alimentation essentielles pour le rorqual bleu, à mieux comprendre la fréquentation des aires d'alimentation et à identifier les processus qui répondent à la question d'habitat essentiel du rorqual bleu.
- On constate qu'il s'agit d'un questionnement à deux niveaux : (1) les conditions sont-elles propices et, dans l'affirmative, (2) est-ce que les conditions étaient optimales ailleurs dans le système. On souligne qu'il faudrait être en mesure de répondre à la première question.
- On revient sur la distribution verticale et la méthodologie disponible pour mesurer les essaims de surface. Les ADCP peuvent capter ces événements, mais doivent être disposés au bon endroit. Les missions acoustiques sont également aptes à les mesurer. D'après les résultats présentés, les événements de vent semblent avoir produit des conditions à la surface propices qui stimulent la reproduction du krill. Il est soulevé que des conditions propices à générer de la nourriture (production phytoplanctonique) en surface pourraient être identifiées comme indicateur de suivi des essaims de surface. L'utilisation de la télédétection peut être un outil intéressant à ces fins.
- On expose sa compréhension du système en mentionnant que le krill doit être présent dans le milieu, *T. raschii* en l'occurrence, et que la maturité sexuelle va éventuellement les amener à la surface. L'indicateur de suivi des œufs à la station Rimouski pourrait être un indicateur combiné avec les photo-satellites et d'autres indicateurs physiques du système afin de suivre les variations de condition dans l'estuaire. Les propriétés de l'estuaire sont uniques considérant que quand les floraisons phytoplanctoniques sont terminées dans le golfe, elles perdurent dans l'estuaire. Un suivi peut être effectué avec une bonne compréhension des mécanismes déclencheurs de la reproduction.
- On souligne que le programme PMZA permet d'ailleurs de récolter beaucoup de données susceptibles d'être utilisées pour suivre le système et améliorer les connaissances. De nombreuses données utilisées dans l'IRÉ sont issues du PMZA.

M. Gagné invite les participants à discuter des éléments qui n'ont pas encore été abordés comme la navigation ou les ressources alimentaires autres que le krill ou à apporter tous autres commentaires ou suggestions.

En aparté, il est demandé de préciser le processus de révision du document. Parmi les documents présentés, plusieurs d'entre eux sont en révision. Les participants des différents volets seront contactés par les comités. En cours de processus, les participants seront sollicités afin de valider le document final et de présenter leurs commentaires.

---

## Bruit

- On demande si la perturbation par le bruit est suffisamment importante pour nécessiter des mesures de suivi.
- En réponse, on précise que les rorquals bleus sont davantage sensibles aux bruits émis dans les gammes de basses fréquences des vocalises de l'espèce; par comparaison, les bélugas seraient davantage sensibles aux plus hautes fréquences émises par les petites embarcations écotouristiques. On réitère que dans l'estuaire, le trafic maritime commercial est stable et que le bruit lui est fortement corrélé. En conséquence, dans le cas du rorqual bleu les données issues du trafic maritime suivi par la garde côtière fournissent un indice quantitatif appréciable. Selon les informations présentées, le bruit moyen ne serait pas préoccupant. Le niveau maximal pourrait par contre perturber le rorqual bleu, mais il ne serait pas exposé à de tels niveaux.
- On mentionne cependant que les résultats présentés par M. Simard constituent un relevé ponctuel représentant l'état actuel observé. Plusieurs éléments peuvent modifier le niveau de bruit auquel le rorqual bleu est exposé, tel que la conjoncture économique ou l'augmentation de la flotte marchande, ce qui aurait potentiellement un impact sur le rorqual bleu.
- On précise que cette variable ne nécessite pas le suivi du bruit en continue puisque le nombre de bateaux observé fourni un indice satisfaisant.
- On ajoute que la mesure du tonnage peut être une façon d'avoir un indice sur le bruit et peut être une alternative à la mesure du bruit en continue. Il est clair que dans cet écosystème très achalandé, le bruit est une préoccupation. Même si les blessures et la surdité occasionnées par le bruit ne représentent pas un problème, l'interférence avec les vocalisations des animaux par le bruit est mal comprise, car on ne sait pas comment ces vocalisations sont utilisées pour trouver la nourriture sur de longues distances. Également, avant de conclure que le bruit dans l'EMSL est un problème, on devrait étudier le niveau de masquage des vocalisations par le bruit au sein de l'estuaire. Il faut aussi prendre en compte la fréquentation et aussi le niveau d'exposition des animaux, la petite flotte n'opérant que quelques heures par jour.
- On suggère que dans ces conditions de faible inquiétude sur le bruit actuel et en raison de la stabilité du trafic, un suivi systématique via la garde côtière devrait être suffisant. De plus, en raison de la complexité de la voie navigable, les navires procèdent généralement à un changement de pilote à l'entrée et à la sortie de l'estuaire, ce qui occasionne un ralentissement lors du passage du territoire occupé par le rorqual bleu. Les activités du rorqual bleu à la tête du chenal occasionnent toutefois un chevauchement non négligeable avec la navigation commerciale. Le ralentissement pour la procédure de changement de pilote se limite à une courte distance dans un environnement hautement fréquenté par le rorqual.
- On souligne que si le bruit est mesuré pour protéger le béluga, les données seront disponibles pour le rorqual bleu également. On rappelle que les fréquences entendues par les deux espèces ne sont pas les mêmes.
- On s'interroge sur l'état des connaissances actuelles concernant le bruit de fond et s'il y a un secteur en particulier dans l'estuaire qui serait à documenter davantage. On répond que l'on dispose de données quantitatives et on réfère à une publication en cours rapportant le niveau de bruit dans la ZPM en 2005 visant l'habitat du béluga et les zones de trafic important. On précise que le bruit de fond peut être très différent selon l'endroit.

- On se demande si le risque de collision pourrait augmenter en raison d'une alimentation davantage en surface. On répond en précisant que les observations ont révélé une activité alimentaire moins profonde que ce qui était attendu, surtout tôt le matin et en fin d'après-midi. Les données sont disponibles pour fournir des proportions en surface et dans la couche 20-30 m selon l'heure de la journée. Les activités d'alimentation à des profondeurs inférieures à 40 m sont associées à des plongées plus courtes et des temps de surface plus longs qui peuvent augmenter le risque de collision. Ces proportions seront à analyser avec précautions à cause de la variabilité individuelle.
- On demande s'il y a des activités d'alimentation dans le corridor maritime. On rapporte que le rorqual bleu peut être observé dans la voie maritime sur une base régulière. On précise que le krill est entraîné loin de la côte et suivi par le rorqual bleu jusque dans la voie maritime.
- Les participants discutent du trafic maritime. Le bruit pourrait devenir problématique si les bateaux deviennent plus gros. Des facteurs atténuants sont cependant à considérer, tel que la taille maximale autorisée dans l'estuaire en raison de la configuration bathymétrique particulière, les avancées technologiques réduisant les bruits émis par les bateaux. En conclusion, la préoccupation par le bruit demeure d'actualité et fera éventuellement l'objet d'un suivi.
- On demande des informations concernant le dérangement par la navigation autre que par le bruit, comme la présence de petites embarcations. On informe les participants d'analyses en cours visant à décrire le comportement des animaux de surface ainsi que l'interaction entre les rorquals bleus et la navigation. On ajoute que peu d'effets de dérangement ont été observés à partir des données disponibles actuellement. Cela peut être attribuable au fait que les individus marqués étaient en dehors du PMSS et ainsi moins exposés aux activités d'écotourisme. Les cas où un impact sur un individu a été observé sont peu nombreux. Les données de marquage ne présentent pas une taille d'échantillons suffisante pour quantifier le dérangement. Les travaux à venir pourront éventuellement déterminer s'il y a un impact en lien avec les activités alimentaires.

### Contaminants

- On soulève l'enjeu des contaminants qui n'a pas été l'objet de nouveaux travaux dans le volet sur les espèces fourragères et les rorquals à part un projet de M. Lebeuf.
- On souligne que la contamination du krill est un indicateur d'état du milieu et non un indicateur de toxicité pour les grands rorquals. Il n'y a pas de problème de contamination rapporté au niveau des grands rorquals.
- On mentionne qu'en ce qui concerne les indicateurs de contamination du milieu, *M. norvegica*, utilisée dans les analyses en raison de la disponibilité des échantillons formolés, n'était peut-être pas l'espèce la plus appropriée bien qu'elle soit présente dans le système. On rappelle les préoccupations soulevées voulant qu'on aurait avantage à raffiner cet indicateur avant de le considérer comme fiable. Les participants statuent sur la valeur de la contamination de *M. norvegica* comme indicateur d'état et suggèrent que l'aspect technique de l'analyse soit revu en raison des préoccupations soulevées la veille.
- On souligne la question des risques liés aux déversements de pétrole et des problèmes de déversement liés à la flottille qui n'ont pas été abordés. Dans le contexte actuel, la question des déversements de pétrole relève davantage de la prévention au niveau des mesures de gestion. Pour la gestion des eaux usées des



---

embarcations, Transport Canada a déposé un règlement visant à mettre fin aux déversements. On réfère à la thèse de doctorat de M. Nicolas Lemaire dirigé par M. Émilien Pelletier qui présente une évaluation de la problématique.

- On statue que, dans le cadre de l'avis scientifique, la question des contaminants ne figurera pas parmi les enjeux critiques de la relation entre les espèces fourragères et le rorqual bleu.

### Indicateurs

M. Gagné revient sur le sujet des indicateurs écosystémiques afin que les dernières questions ou suggestions soient exposées.

- On demande si un outil est disponible pour évaluer le taux de fréquentation des rorquals bleus. On apporte l'information concernant un suivi effectué à l'intérieur des zones du PMSS en collaboration avec le PMSS et le GREMM. Depuis 2009, des suivis additionnels ont été réalisés pour la partie aval de l'estuaire afin de couvrir la zone identifiée par les données exploratoires de M. Richard Sears. Le suivi saisonnier est effectué toutes les semaines pour la période de mai à novembre-décembre (fin des sorties en mer). Ces périodes systématiques d'observations sont complémentaires à des activités similaires d'observation dans le PMSS par M. Robert Michaud et sont une occasion d'investir davantage d'effort dans la photo-identification des individus. Cette initiative n'est pas financée et nécessite une équipe suffisamment nombreuse. Des demandes ont été déposées pour un éventuel financement afin d'assurer la pérennité de la récolte d'information.
- On soulève l'incertitude liée à la poursuite de cette initiative à long terme et s'informe si l'utilisation d'hydrophones pourrait être une alternative permettant à la fois de suivre le bruit et d'évaluer la fréquentation par les rorquals. On répond que l'utilisation du PAM serait adéquate en assumant une bonne relation entre la présence des animaux et la présence des vocalisations. Dans le cas où on veut suivre l'abondance, le PAM prendrait un « *setting* » particulier. Cependant, cette technique nécessite un suivi plus performant pour permettre de quantifier le temps de résidence des individus. Cette méthode est utile principalement pour confirmer la présence ou non de rorquals en l'absence d'observateurs.
- On souligne les besoins de disposer d'un indice grossier annuel, plus constant, mais facile à maintenir versus un suivi ponctuel davantage élaboré. On répond qu'un indicateur basé uniquement sur la fréquentation et non sur l'abondance est peu utile au cours de la saison estivale. On conclut que le suivi est une préoccupation importante pour la ZPM.
- On rappelle que le mandat des sciences est de proposer des indicateurs en soutien à la ZPM en développement peu importe le coût ou que le suivi soit déjà en place ou non. La question de définir les meilleurs indicateurs sera évaluée dans le cadre du programme HOTO.
- On propose qu'un petit réseau de mouillages avec système PAM pourrait constituer un monitoring minimum bien qu'il n'y ait pas de données d'abondance associées. On précise cependant que les animaux n'entrent pas tous dans l'estuaire au même moment, l'hydrophone ne permettant pas de faire la distinction entre la venue d'un individu demeurant dans le système pour une période étendue ou les allers et retours de plusieurs individus dans le système. Le lien entre l'abondance et le taux de vocalisation n'a pas été démontré à ce jour. L'enregistrement au moyen de PAM pourrait être couplé avec des sorties en mer. En conclusion, cette méthode est efficace pour définir le moment où les rorquals sont présents en l'absence

---

d'observateurs et permet de compléter l'information issue des travaux plus spécifiques en été. Les prochaines étapes à développer en lien avec cette méthode nécessitent une configuration très spécifique et l'installation de nombreux hydrophones. Bien que possible, de nombreuses contraintes logistiques et spatiales seront à considérer.

M. Gagné clos la rencontre en remerciant les participants et en énonçant les étapes à venir concernant le document. Les différents intervenants seront sollicités pour commenter le document dans les prochains mois. Un compte-rendu de la rencontre sera disponible et la rédaction d'un avis scientifique fera suite cette rencontre.

---

#### 4.0 RÉFÉRENCES

- Angel, J.R. et Kunkel, K.E. 2010. The response of Great Lakes water levels to future climate scenarios with an emphasis on Lake Michigan-Huron. *J. Great Lakes Res.* 36: 51-58.
- Berkes, F. 1976. Ecology of euphausiids in the Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 1884-1905.
- Conversano, M. 2009. Caractérisation de l'utilisation de l'embouchure du Saguenay et de la Baie Sainte-Catherine par le béluga (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent. Unpubl. Rep. by Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent, Tadoussac, QC. 32 pp.
- Gilbert, D. et Pettigrew, B. 1997. Interannual variability (1948-1994) of the CIL core temperature in the Gulf of St-Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54 (Suppl. 1): 51-57.
- Lemieux Lefebvre, S. 2009. Déplacements et patrons de résidence chez la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du St-Laurent. Thèse M.Sc., Université du Québec à Rimouski, QC. 120 pp.
- Michaud, R. 1993. Distribution estivale du béluga du St-Laurent; synthèse 1986-1992. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1906: vi + 28 pp.
- Pippard, L. et Malcolm, H. 1978. White whales (*Delphinapterus leucas*): observations on their distribution, population and critical habitats in the St. Lawrence and Saguenay Rivers. The Department of Indian and Northern Affairs, Parks Canada. Manusc. Rep. 159 pp.
- Sameoto, D.D. 1972. Yearly respiration rate and estimated energy budget for *Sagitta elegans*. *J. Fish. Res. Board Can.* 29: 987-996.
- Sameoto, D.D. 1976. Distribution of sound scattering layers caused by euphausiids and their relationship to chlorophyll *a* concentrations in the Gulf of St. Lawrence estuary. *J. Fish. Res. Board Can.* 33: 681-687.
- Scheifele, P., Michaud, R., Béland, P. et Babb, I.G. 1997. Évaluation des niveaux de bruits ambiants et de source anthropogénique dans l'habitat du béluga du Saint-Laurent et leurs impacts potentiels. Rapport non publié de l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent. Tadoussac. 16 pp.
- Simard, Y. 2009. Le Parc Marin Saguenay-Saint-Laurent: Processus océanographiques à la base de ce site d'alimentation unique des baleines du Nord-Ouest Atlantique. The Saguenay-St. Lawrence Marine Park: oceanographic process at the basis of this unique forage site of Northwest Atlantic whales. *Rev. Sc. Eau / J. Water Sci.* 22(2): 177-197.
- Simard, Y. et Roy, N. 2008. Detection and localization of blue and fin whales from large-aperture autonomous hydrophone arrays: a case study from the St. Lawrence estuary. *Can. Acoust.* 36(1): 104-110.

- 
- Simard, Y., Roy, N. et Gervaise, C. 2008a. Passive acoustic detection and localization of whales: effects of shipping noise in Saguenay–St. Lawrence Marine Park. *J. Acoust. Soc. Am.* 123(6): 4109-4117.
- Simard, Y., Roy, N. et Gervaise, C. 2008b. Masking of blue and fin whales low-frequency vocalizations by shipping noise in the Saguenay–St. Lawrence Marine Park. *Bioacoustics* 17: 183-185.
- Simard, Y., Lepage, R. et Gervaise, C. 2010. Anthropogenic sound exposure of marine mammals from seaways: Estimates for lower St. Lawrence Seaway, eastern Canada. *Appl. Acoustics* 71: 1093-1098. DOI: 10.1016/j.apacoust.2010.05.012.
- Sourisseau, M., Simard, Y. et Saucier, F.J. 2008. Krill diel vertical migration fine dynamics, nocturnal overturns, and their roles for aggregation in stratified flows. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 574-587.
- Tarling, G.A., Cuzin-Rou, J. et Buchholz, F. 1999. Vertical migration behaviour in the northern krill *Meganyctiphanes norvegica* is influenced by moult and reproductive processes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 190: 253-262.
- Thibodeau, B., de Vernal, A., Hilaire-Marcel, C. et Mucci, A. 2010. Twentieth century warming in deep waters of the Gulf of St. Lawrence : a unique feature of the last millennium. *Geophys. Res. Lett.* 37. L 17604. DOI : 10.1029/2010GL044771.
- Turgeon, S. 2008. Analyse spatio-temporelle de la cooccurrence entre les belugas et le trafic maritime à la baie Sainte-Marguerite de 2003 à 2007, Rapport présenté à Parcs Canada. Département de géographie, Université de Montréal, 38 pp.
- Vladykov, V.D. 1946. Études sur les mammifères aquatiques. IV. Nourriture du marsouin blanc (*Delphinapterus leucas*) du fleuve Saint-Laurent. Département des pêcheries de la province de Québec. 129 pp.



---

## ANNEXES

### Annexe 1. Liste des participants

Partie 1 : Définition et caractérisation de l'habitat estival du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent

Nom

Affiliation

Bourassa, Marie-Noëlle	MPO – Sciences
Bui, Alice	MPO – Sciences
Chabot, Denis	MPO – Sciences
Couillard, Catherine	MPO – Sciences
Cyr, Charley	MPO – Sciences
Deslauriers, Marcelle	MPO – Gestion des pêches
Dionne, Suzan	Parcs Canada
Doniol-Valcroze, Thomas	MPO – Sciences
Dubé, Sonia	MPO – Sciences
Gagné, Jacques	MPO – Sciences
Galbraith, Peter	MPO – Sciences
Gilbert, Michel	MPO – Sciences
Gosselin, Jean-François	MPO – Sciences
Larocque, Richard	MPO – Sciences
Lefaiivre, Denis	MPO – Sciences
Lemieux, Sébastien	Université McGill
Lesage, Véronique	MPO – Sciences
McQuinn, Ian	MPO – Sciences
Ménard, Nadia	Parcs Canada
Mosnier, Arnaud	MPO – Sciences
Nozères, Claude	MPO – Sciences
Ouellet, Patrick	MPO – Sciences
Plourde, Stéphane	MPO – Sciences
Provencher, Lizon	MPO – Sciences
Roy, Nathalie	MPO – Sciences
Savenkoff, Claude	MPO – Sciences
Scarratt, Michael	MPO – Sciences
Simard, Yvan	MPO – Sciences
Smith, Heather	Université Dalhousie

Partie 2 : Espèces fourragères responsables de la présence du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent.

Nom

Affiliation

Bourassa, Marie-Noëlle	MPO Sciences
Bouchard, Hugues	MPO – Gestion des Espèce en péril
Bui, Alice Olga Victoria	MPO – Sciences
Chabot, Denis	MPO – Sciences
Cantin, Guy	MPO – Gestion des Océans
Cyr, Charley	MPO – Sciences
Deslauriers, Marcelle	MPO – Gestion des pêches
Dionne, Suzan	Parcs Canada
Doniol-Valcroze, Thomas	MPO – Sciences
Gagné, Jacques	MPO – Sciences
Galbraith, Peter S.	MPO – Sciences
Gilbert, Michel	MPO – Sciences
Gosselin, Jean-François	MPO – Sciences
Larocque, Richard	MPO – Sciences
Lavoie, Diane	MPO – Sciences
Lesage, Véronique	MPO – Sciences
McQuinn, Ian H.	MPO – Sciences
Ménard, Nadia	Parcs Canada
Mosnier, Arnaud	MPO – Sciences
Nozères, Claude	MPO – Sciences
Ouellet, Patrick	MPO – Sciences
Plourde, Stéphane	MPO – Sciences
Provencher, Lizon	MPO – Sciences
Raach, Meriem	UQAR - ISMER
Roy, Nathalie	MPO – Sciences
Savenkoff, Claude	MPO – Sciences
Simard, Yvan*	MPO – Sciences
Starr, Michel	MPO – Sciences
St-Pierre, Jean-François	MPO – Sciences

\*Absent le dernier jour

---

## **Annexe 2. Cadre de référence de la revue**

### **Initiative de recherche écosystémique de l'estuaire du Saint-Laurent : habitats fréquentés par le béluga et réseau trophique responsable de la présence des grands rorquals dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent**

#### **Processus de consultation scientifique régional de la région du Québec**

Du 28 mars au 1 avril 2011

Mont-Joli, QC

Président de la réunion : Jacques A. Gagné

#### **Contexte**

Le MPO s'est engagé à élaborer des approches écosystémiques afin de gérer les interactions entre les activités humaines et les systèmes marins. Cet engagement découle de la *Loi sur les océans* du Canada ainsi que de recommandations d'entités internationales telles que l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Afin d'élaborer de telles approches, la Direction des sciences du MPO a établi des initiatives de recherche écosystémique (IRE) dans chaque région, lesquelles initiatives servent de projets pilotes pour améliorer la capacité à formuler des avis scientifiques à l'appui de la gestion écosystémique.

Dans la Région du Québec, l'IRÉ vise à caractériser (1) les habitats fréquentés par le béluga et (2) le réseau trophique responsable de la présence des grands rorquals dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Les enjeux de gestion qui ont conduit à la définition de ces thèmes ont été identifiés lors d'ateliers réunissant scientifiques et gestionnaires. Pour chacun des thèmes, un cadre de référence a ensuite été établi pour faciliter l'intégration des connaissances déjà disponibles avec de nouvelles nécessaires à l'atteinte des objectifs. Pour l'habitat du béluga comme pour le réseau trophique des grands rorquals, chacun oriente l'étude (a) des principaux facteurs/processus écosystémiques qui en influencent la qualité, (b) de la distribution saisonnière et de l'usage par les espèces visées ainsi que (c) des impacts de l'activité humaine sur les composantes de l'écosystème et/ou les processus qui régissent leur structure et leurs fonctions. L'IRÉ de l'estuaire du St-Laurent a été lancée à l'été 2007 et l'étape qui fait l'objet d'un financement direct sera terminée le 31 mars 2011. Pendant cette période, elle a supporté une trentaine de projets en quête de nouvelles informations nécessaires à la formulation d'avis scientifiques intégrés sur les enjeux de gestion qui orientent l'initiative.

#### **Objectifs**

Pour chacun des thèmes, l'ensemble des informations disponibles, anciennes et nouvelles, sera intégré dans deux documents de travail. L'objectif du présent processus de consultation scientifique régional est de passer en revue l'information contenue dans ces documents afin qu'ils puissent servir de base à la formulation de l'avis scientifique intégré. La discussion tenue et les avis qui seront formulés reposeront sur les documents de travail suivants :

- Définition et caractérisation de l'habitat estival du béluga du Saint-Laurent selon une approche écosystémique.

- 
- Processus écosystémiques responsables de la présence d'espèces fourragères et des grands rorquals dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent.

#### **Publications prévues**

Avis scientifique du SCCS (2)  
Document de recherche du SCCS (2)  
Compte rendu du SCCS

#### **Participants**

Direction des sciences du MPO  
Direction de la gestion des pêches et de l'aquaculture du MPO  
Direction des océans, de l'habitat et des espèces en péril du MPO  
Agence Parcs Canada  
Organisations non gouvernementales



---

**Annexe 3. Horaire des ateliers IRÉ 28 mars-1 avril 2011**

Initiative de Recherche Écosystémique de l'estuaire de Saint-Laurent  
28 mars-1 avril 2011 – Institut Maurice Lamontagne  
Mont-Joli, Québec

**Jour 1 – 28 mars – Définition et caractérisation de l'habitat estival du béluga  
(*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent**

09H00 Introduction IRÉ : Contexte et planification des ateliers. *J.A. Gagné*

09h20 Introduction du volet béluga de l'IRÉ. *J.-F. Gosselin*

09H30 Répartition du béluga du Saint-Laurent. *J.-F. Gosselin*

10h15 Pause

10h30 Analyse de contenus stomacaux. *V. Lesage*

11h00 Analyse des signatures d'acides gras. *H. Smith*

11h30 Analyse des isotopes stables et des contaminants. *C. Couillard pour M. Lebeuf*

12h00 Diner

13h00 Répartition des contaminants dans les sédiments. *A. Mosnier pour M. Lebeuf*

13h30 Autres menaces. *J.-F. Gosselin*

14h15 Pause

14h30 Description du fond et des espèces benthiques. *R. Larocque*

15h00 Composantes biologiques. *J.-F. Gosselin*

15h30 Discussion

16h30 Fin jour 1

**Jour 2 – 29 mars – Définition et caractérisation de l'habitat estival du béluga  
(*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent**

09h00 Intégration des composantes de l'habitat du béluga du Saint-Laurent. *A. Mosnier*

12h00 Diner

13h00 Principaux enjeux de gestion. *J.-F. Gosselin*

16h00 Fin jour 2

---

**Jour 3 – 30 mars – Espèces fourragères responsables de la présence du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent**

08h30 Généralités : introduction du volet rorqual et espèces fourragères. C. Savenkoff

08h45 Généralités : caractérisation des communautés de l'écosystème de l'estuaire maritime. P. Ouellet

10h00 Pause

10h15 Agrégation du krill dans l'estuaire maritime: état des connaissances avant l'IRÉ. Y. Simard *et al.*

10h45 Variations spatiales et temporelles dans la distribution et l'abondance du krill (*Thysanoessa raschii* et *Meganyctiphanes norvegica*) dans l'estuaire et le nord ouest le golfe du Saint-Laurent. I.H. McQuinn *et al.*

12h00 Dîner

13h00 Variations interannuelles de l'abondance des œufs de krill : potentiel pour un indice de variations interannuelles de krill. S. Plourde *et al.*

13h30 Le projet "valve" de l'IRÉ: transport et accumulation du krill dans l'Estuaire. Y. Simard *et al.*

15h00 Pause

15h15 Profondeur diurne du centre de masse du krill et ses implications pour les variations interannuelles du transport du krill dans l'Estuaire. S. Plourde *et al.*

15h45 Dynamique d'accumulation et de balayage du krill dans l'Estuaire. I.H. McQuinn *et al.*

16h15 Discussion

17h00 Fin jour 3

**Jour 4 – 31 mars – Espèces fourragères responsables de la présence du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent**

08h30 Le rôle structurant du krill dans la distribution, le déplacement et le comportement d'alimentation des rorquals bleus dans l'EMSL et les eaux adjacentes – présentation I. H. McQuinn *et al.*

09h30 Interactions trophiques : modèle simplifié de l'écosystème. C. Savenkoff

10h15 Pause

10h30 Discussion

12h00 Dîner

---

13h00 Bruit et la navigation. Y. Simard et al.

13h30 État océanographique physique durant l'IRÉ et perspectives à long terme. P. Galbraith

14h00 Influence du climat océanique de l'Atlantique nord ouest sur la température, la salinité et l'oxygène dans les eaux profondes de l'EMSL. D. Gilbert.

14h30 Tendances temporelles (1994-2009) de la contamination du krill par les polluants organiques persistants dans l'estuaire du Saint-Laurent. M. Raach pour M. Lebeuf

15h00 Pause

15h15 Synthèse générale des deux jours – propositions pour l'intégration 'finale' et préparation d'un avis des sciences

16h30 Fin jour 4

**Jour 5 – 1 avril – Espèces fourragères responsables de la présence du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent**

8h30 Synthèse générale des deux jours – propositions pour l'intégration 'finale' et préparation d'un avis des sciences

10h00 Pause

10h15 Discussion

12h00 Fin jour 5